

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА**

**Хіміко-біологічний факультет
Кафедри: загальної біології та методики навчання природничих
дисциплін**

**Кваліфікаційна робота
на тему:
ВИКОРИСТАННЯ НАУКОВОГО ПРОГРАМНОГО ІНСТРУМЕНТУ CITE
SPACE В ПОЗАКЛАСНІЙ РОБОТІ З БІОЛОГІЇ І ЕКОЛОГІЇ
Спеціальність: 014 Середня освіта
Предметна спеціальність: 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я
людини)**

Здобувачки другого (магістерського)
рівня вищої освіти, ОПІ «Середня освіта»
(Біологія та здоров'я людини, хімія)»
Швець Мар'яни Сергіївни

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:
кандидат біологічних наук, доцент
Гуменюк Галина Богданівна

РЕЦЕЗЕНТ:
доктор педагогічних наук, професор,
завідувач кафедри педагогіки вищої школи
та суспільних дисциплін Тернопільського
національного медичного університету
імені І.Я.Горбачевського
Міністерства охорони здоров'я України
Кульчицький Віталій Йосипович

Робота захищена з оцінкою:
Національна шкала _____
Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	2
Вступ... ..	3
РОЗДІЛ 1 . ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАМНОГО ІНСТРУМЕНТУ CITE SPACE ТА НАУКОМЕТРИЧНИХ БАЗ GOOGLE SCHOLAR, SCOPUS I WEB OF SCIENCE.	10
1.1.Наукометричні бази Google Scholar та Scopus	10
1.2.Програмний інструмент Cite Space та наукометрична база Web of Science.	13
1.3.Порівняльна характеристика програмного інструменту Cite Space та наукометричних баз Google Scholar, Scopus, Web of Science	17
РОЗДІЛ 2 . МЕТОДОЛОГІЯ АНАЛІЗУ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ПРО ЯКІСТЬ ВОДИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ІНСТРУМЕНТУ CITE SPACE ТА ПОШУКОВИХ СИСТЕМ SCOPUS. ТА WEB OF SCIENCE.....	20
2.1.Проблема якості води в світі.....	20
2.2.Наукометричний аналіз досліджень з проблем якості води за даними бази Scopus	21
2.3.Наукометричне картографування досліджень з проблем якості води засобами Web of Science та CiteSpace	26
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЯ ОНЛАЙН-ГУРТКА «ІНФОПОШУК» В ПОЗАКЛАСНІЙ РОБОТІ З БІОЛОГІЇ І ЕКОЛОГІЇ.....	49
3.1. Теоретичні засади створення онлайн-освітнього середовища	49
3.2. Мета, завдання та принципи функціонування онлайн-гуртка.....	50
3.3. Методичне забезпечення діяльності онлайн-гуртка.....	51
РОЗДІЛ 4 . ПЕДАГОГІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ІЗ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ НАУКОВО-ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОШУКУ НА ПРИКЛАДІ CITESPACE	58
4.1.Теоретико-методичні засади використання CiteSpace у формуванні дослідницької компетентності учнів 11 класу	62
4.2.Організаційно-підготовчий етап педагогічного експерименту	61
4.3.Констатувальний етап педагогічного експерименту	63
4.4.Регресійна модель прогнозування рівня знань учнів	66
4.5.Експертна оцінка педагогічного експерименту	73
ВИСНОВКИ.....	Error! Bookmark not defined.
ДОДАТКИ	81
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	92
АНОТАЦІЯ.....	104

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

GOOGLE SCHOLAR — наукометрична пошукова система

SCOPUS — міжнародна реферативна та наукометрична база даних

WOS (WEB OF SCIENCE) — міжнародна наукометрична база цитувань

CITESPACE — програмне середовище для наукометричного аналізу та візуалізації наукових даних

WQI (Water Quality Index) — індекс якості води

EDA (Effect-Directed Analysis) — ефект-орієнтований аналіз

PPCPs (Pharmaceuticals and Personal Care Products) — фармацевтичні препарати та засоби особистої гігієни

TS (Topic Search) — пошук за темою (у Web of Science)

AU (Author) — автор

SO (Source) — джерело публікації

PY (Publication Year) — рік публікації

LLR (Log-Likelihood Ratio) — алгоритм іменування кластерів

LSI (Latent Semantic Indexing) — латентне семантичне індексування

MI (Mutual Information) — взаємна інформація

MST (Minimum Spanning Tree) — мінімальне остовне дерево

NBS (Nature-Based Solutions) — природоорієнтовані рішення

h-index — індекс Гірша

CSV (Comma-Separated Values) — формат табличних даних

RIS, BibTeX — формати експорту бібліографічних даних

НУШ – Нова українська школа

STEM – природничо-технічний освітній підхід

КТД – календарно-тематичне дослідження (у межах гуртка)

Вступ

Проблематика якості водних ресурсів посідає центральне місце у сучасному науковому дискурсі, оскільки саме вода є базовою основою життя, ключовим фактором функціонування екосистем і фундаментальним елементом сталого розвитку суспільства. Сучасні виклики, пов'язані зі зміною клімату, урбанізаційними процесами, зростанням антропогенного навантаження та техногенного впливу, актуалізують потребу у формуванні системного бачення стану водних екосистем і механізмів управління їхньою якістю [27, 75]. Зростання глобальних обсягів споживання прісної води, деградація гідросфери та нерівномірність водозабезпечення різних регіонів світу перетворюють питання водної безпеки з локальної екологічної проблеми на стратегічне завдання світового масштабу.

В останні десятиліття у науковому просторі спостерігається стрімке нарощення публікацій, присвячених різним аспектам оцінки, моніторингу та прогнозування якості води. Ця міждисциплінарна тематика охоплює природничі, технічні, соціально-економічні та політичні науки, поєднуючи підходи гідрохімії, екології, біоіндикації, моделювання й екологічного менеджменту [32,41]. Така різноманітність наукових напрямів зумовлює необхідність систематизації накопичених знань, визначення основних тенденцій розвитку досліджень та ідентифікації провідних центрів, авторів і тем, що формують структуру сучасної наукової думки у сфері водної безпеки.

На тлі інформаційного перевантаження, характерного для сучасного наукового середовища, особливого значення набувають методи наукометричного аналізу, які дозволяють не лише оцінити кількісні показники наукової активності, а й простежити якісні взаємозв'язки між дослідниками, установами, публікаціями та темами [12]. У цьому контексті програмні інструменти бібліометричної візуалізації, зокрема CiteSpace, відкривають нові можливості для аналізу наукових комунікацій. Вони забезпечують побудову мереж співцитування, виявлення тематичних кластерів, відстеження «спалахів цитувань» (citation bursts) і динаміки

появи нових напрямів досліджень. Використання таких методів дозволяє перевести аналіз наукових тенденцій із дескриптивного рівня у площину аналітичного моделювання, що є надзвичайно цінним для формування цілісної картини розвитку певної галузі знань [37].

Наукові бази даних Google Scholar, Scopus і Web of Science стали ключовими джерелами бібліографічної інформації, що забезпечують доступ до світового корпусу наукових текстів. Їхнє поєднання із засобами CiteSpace створює комплексну платформу для аналізу розвитку наукових тем, зокрема в екологічній галузі. Саме така інтеграція дозволяє виявляти неочевидні зв'язки між дослідницькими центрами, простежувати міждисциплінарні перетини та ідентифікувати провідні напрями наукових пошуків, пов'язаних із якістю води [55]. У сучасному світі, де наукові знання продукуються з безпрецедентною швидкістю, інструменти візуалізації знань стають не просто допоміжним елементом, а необхідною умовою для ефективного управління інформацією.

Застосування CiteSpace у дослідженні тематики якості води дозволяє створити об'єктивну картину еволюції наукового інтересу до проблем гідроекологічної безпеки, визначити, які наукові підходи домінували у певні періоди, які країни та установи є науковими лідерами, а також простежити формування нових парадигм дослідження — від традиційних фізико-хімічних методів до сучасних обчислювальних і системних моделей [10, 87]. Такий підхід сприяє не лише глибшому розумінню динаміки наукових знань, а й формуванню практичних рекомендацій щодо подальших досліджень у сфері сталого управління водними ресурсами.

Розвиток цифрових технологій та зростання ролі інформаційних ресурсів у наукових дослідженнях зумовлюють необхідність формування інформаційно-дослідницької компетентності не лише у науковців, а й у здобувачів освіти. Інтеграція інструментів бібліометричного аналізу, таких як Cite Space, у навчальний процес сприяє формуванню в учнів навичок роботи з науковими базами даних (Scopus, Web of Science), розвитку критичного мислення та академічної

добросесності. Такі освітні ініціативи створюють передумови для залучення молоді до сучасного наукового дискурсу та підготовки майбутніх дослідників.

Актуальність теми

У ХХІ столітті питання якості водних ресурсів набуває стратегічного значення для забезпечення сталого розвитку, продовольчої безпеки, громадського здоров'я та екологічної стабільності планети. Глобальні виклики, такі як зміна клімату, урбанізація, індустріалізація та деградація природних екосистем, призводять до погіршення стану водних об'єктів і зростання ризиків для екологічної рівноваги [75]. Зростання уваги до цих проблем відображається у збільшенні кількості наукових досліджень, присвячених моніторингу, очищенню та управлінню якістю води. Однак стрімке накопичення публікацій суттєво ускладнює процес узагальнення інформації, виявлення ключових тенденцій та формування цілісного уявлення про розвиток наукової галузі.

Отже, актуальність роботи зумовлена необхідністю системного аналізу наукового масиву з використанням сучасних наукометричних інструментів, що дає змогу виявити ключові тренди, провідні дослідницькі центри та напрями еволюції наукових підходів до проблеми оцінки якості води. Крім того актуальність дослідження зумовлена сучасними трансформаціями природничої освіти, які орієнтують навчальний процес не лише на засвоєння предметних знань, а й на формування дослідницької, інформаційно-цифрової та критично-аналітичної компетентностей учнів [92, 106]. У Концепції Нової української школи наголошується на необхідності залучення старшокласників до навчальної діяльності, наближеної за змістом і методами до реальної наукової практики.

Водночас аналіз педагогічної практики свідчить, що учні старшої школи недостатньо володіють уміннями роботи з науковими джерелами, не завжди здатні здійснювати критичний відбір інформації та аналізувати сучасні наукові дані. Це особливо актуально у процесі вивчення біології, де значна частина навчального матеріалу пов'язана з актуальними науковими дослідженнями, зокрема з проблемами оцінки якості води та стану водних екосистем[101].

У цьому контексті впровадження наукометричних інструментів, зокрема програмного середовища CiteSpace, у навчальний процес старшої школи розглядається як перспективний методичний засіб формування дослідницької компетентності учнів, що й зумовлює актуальність даного дослідження [98].

Мета і завдання дослідження

Мета дослідження – здійснити наукометричний аналіз наукових публікацій, присвячених проблематиці якості води, із використанням програмного середовища CiteSpace на основі даних з баз Google Scholar, Scopus та Web of Science, з метою виявлення провідних тенденцій, авторів, наукових кластерів і міждисциплінарних зв'язків у цій сфері та апробації результатів дослідження у рамках організації освітніх онлайн-гуртків для учнів старших класів з біології та екології.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

1. Ознайомити з функціональними можливостями баз даних Google Scholar, Scopus і Web of Science .
2. Виконати аналіз структурних елементів наукової комунікації (авторів, установ, країн, ключових слів) засобами CiteSpace .
3. Побудувати карти знань і визначити основні кластери наукових досліджень у сфері водної безпеки засобами CiteSpace.
4. Використати отримані результати для розробки методичних підходів у навчальній практиці, зокрема в організації онлайн-гуртків та дослідницьких занять учнів старших класів з біології та екології.
5. Теоретично обґрунтувати педагогічні умови використання програмного середовища CiteSpace в освітньому процесі з біології та екології у старшій школі та розробити методичні рекомендації щодо організації позакласної роботи з біології та екології учнів старших класів із використанням програмного середовища CiteSpace.
6. Провести педагогічний експеримент з метою визначення ефективності використання програмного продукту CiteSpace та сучасних науково-

інформаційних пошукових систем у формуванні дослідницької діяльності учнів старших класів на основі позакласної роботи з біології та екології.

Методи та матеріали дослідження

У дослідженні використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів. Застосовано порівняльний, структурно-функціональний та системний підходи, методи аналізу й узагальнення, кластеризації та мережевого моделювання для виявлення взаємозв'язків у масиві наукових публікацій, анкетування, тестування, педагогічне спостереження, експертне оцінювання Наукометричний і бібліометричний аналіз здійснювався на основі даних міжнародних баз Google Scholar, Scopus і Web of Science з використанням програмного середовища CiteSpace.

Об'єкт дослідження

Процес навчально-дослідницької діяльності учнів старшої школи у позакласній роботі з біології та екології, що передбачає використання науково-інформаційного пошуку, використовуючи проблему якості води.

Предмет дослідження

Методика використання сучасних інструментів науково-інформаційного пошуку та аналізу наукових даних (зокрема CiteSpace) на основі бібліометричного аналізу публікаційних, цитатних та мережевих показників у базах Scopus, Web of Science та Google Scholar (на прикладі тематики оцінки якості води) у позакласній роботі з біології та екології учнів старшої школи.

Апробація результатів магістерської роботи.

За темою магістерської роботи опубліковані та представлені наукові матеріали:

1. Гуменюк Г.Б., Сверстюк А.С., Швець М.С., Гунька В.Я. Аналітичний огляд літературних джерел при дослідженні якості ґрунтів за

допомогою CiteSpace та Web of Science. Збірник наукових праць за матеріалами XX Всеукраїнської наукової конференції «Актуальні питання біології та медицини», 2024 р., с. 23–25.

2. Швець М., Сокіл Б., Сверстюк С., Гуменюк Г., Сверстюк А. Аналіз літератури при дослідженні якості водних ресурсів із використанням наукометричної бази SCOPUS. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки», 2024 р., с. 51–55.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Список використаних джерел містить 110 найменувань. Робота викладена на 106 сторінках, містить 4 таблиці, 20 рисунків та 5 додатків.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАМНОГО ІНСТРУМЕНТУ CITE SPACE ТА НАУКОМЕТРИЧНИХ БАЗ GOOGLE SCHOLAR, SCOPUS I WEB OF SCIENCE

1.1. Наукометричні бази Google Scholar та Scopus

Сучасні наукометричні системи відіграють ключову роль у формуванні та розвитку наукових досліджень, забезпечуючи доступ до публікацій, аналітичних показників та інструментів для бібліографічного опрацювання даних. Одним із найбільш поширених інструментів пошуку наукової літератури є Google Scholar, що надає користувачеві можливість швидкого доступу до великої кількості академічних джерел, включно зі статтями, монографіями, дисертаціями та матеріалами конференцій.

Google Scholar — це безкоштовна наукометрична пошукова система, створена у 2004 р. компанією Google [30]. Основні функціональні можливості Google Scholar охоплюють як базовий, так і розширений пошук, автоматичне формування бібліографічних посилань, відстеження цитувань, створення профілів дослідників та формування персональної бібліотеки «My Library». Система дозволяє сортувати результати за релевантністю або за датою публікації, що підвищує ефективність роботи з пошуковими запитами.

На рисунку 1.1.1 зображено приклад результатів пошуку публікації на тему «наукометричний пошук літературних джерел за допомогою Cite Space»,

The screenshot shows the Google Scholar interface. At the top, the search bar contains the text 'Наукометричний пошук літературних джерел засобами Cite'. Below the search bar, it indicates 'Articles' and '1 result (0.06 sec)'. On the left side, there are filters for 'Any time' (with sub-options: Since 2024, Since 2023, Since 2020, Custom range...), 'Sort by relevance', 'Sort by date', 'Any type', and 'Review articles'. On the right side, there are buttons for 'Articles added in the last year, sorted by date', 'Abstracts', and 'Everything'. The search result is titled 'Наукометричний пошук літературних джерел засобами Cite Space' by 'НВ Гончар, АС Сверстюк, НА Кулинич'. The snippet below the title reads: 'Матеріали XI науково-технічної конференції „Інформаційні моделі ...”, 2023 - elartu.tntu.edu.ua'. The main text of the snippet starts with 'Набір даних бібліографічних ресурсів надходить з платформи Web of Science, яка, як відомо, є міждисциплінарною базою даних, яка містить інформацію про цитування та довідкові дані для журнальних статей, матеріалів конференцій та інших публікацій [1]. Web of Science підтримує різноманітне використання результатів наукових досліджень, від повсякденного пошуку інформації до надання відповідних аналітичних наборів даних із можливістю надання доступу до неопрацьованих даних'.

Рис.1.1.1 –Приклад пошуку публікацій в системі в системі Google Scholar

За допомогою функціоналу Google Scholar користувачі можуть сортувати інформацію за запитом, отримати інформацію про кількість публікацій за заданим запитом та переглянути повний перелік знайдених результатів.[30]

При здійсненні базового пошуку користувач вводить ключові слова, ім'я автора або назву публікації у відповідне поле. Наприклад, запит «water quality» дозволяє отримати список релевантних наукових робіт. У випадку необхідності застосування детальніших параметрів доступний розширений пошук, який викликається через меню «Advanced search» (рис.1.1.2). Цей режим дає змогу уточнювати результати за точною фразою, виключати певні терміни, обмежувати пошук часовими межами, авторством або джерелом публікації.

Advanced search

Find articles

with **all** of the words

with the **exact phrase**

with **at least one** of the words

without the words

where my words occur

anywhere in the article

in the title of the article

Return articles **authored by**

e.g., "PJ Hayes" or McCarthy

Return articles **published in**

e.g., J Biol Chem or Nature

Return articles **dated between**

e.g., 1996

Рисунок 1.1.2 –розширений пошук в системі Google Scholar

Серед додаткових функцій Google Scholar варто виділити:

- інструмент «Cited by», що відображає кількість цитувань конкретної статті;

- опцію «Related articles», яка дозволяє знаходити публікації зі схожою тематикою;
- можливість автоматичного експорту бібліографічних посилань у стилях APA, MLA, Chicago тощо.

Таким чином, Google Scholar є зручним інструментом первинного пошуку та попереднього аналізу наукової інформації.

Scopus є однією з провідних наукометричних баз даних, яка регулярно оновлюється та надає можливості для аналітичного та статистичного аналізу публікаційної активності науковців [65]. Система дозволяє проводити пошук наукової інформації в останніх та неперіодичних виданнях, зокрема за темою, автором, організацією, країною, містом, а також у певних літературних джерелах, таких як журнали, статті конференцій, книги та монографії. Scopus дозволяє отримати інформацію про певні предметні області за ключовими словами з подальшим детальним аналізом знайдених результатів [65].

Серед основних можливостей Scopus варто виокремити:

- пошук за темою, автором, організацією чи країною;
- перегляд індексу Гірша (h-index) окремого автора;
- аналіз цитувань та інших показників наукового впливу;
- побудову візуалізацій зв'язків між авторами, установами та предметними галузями.

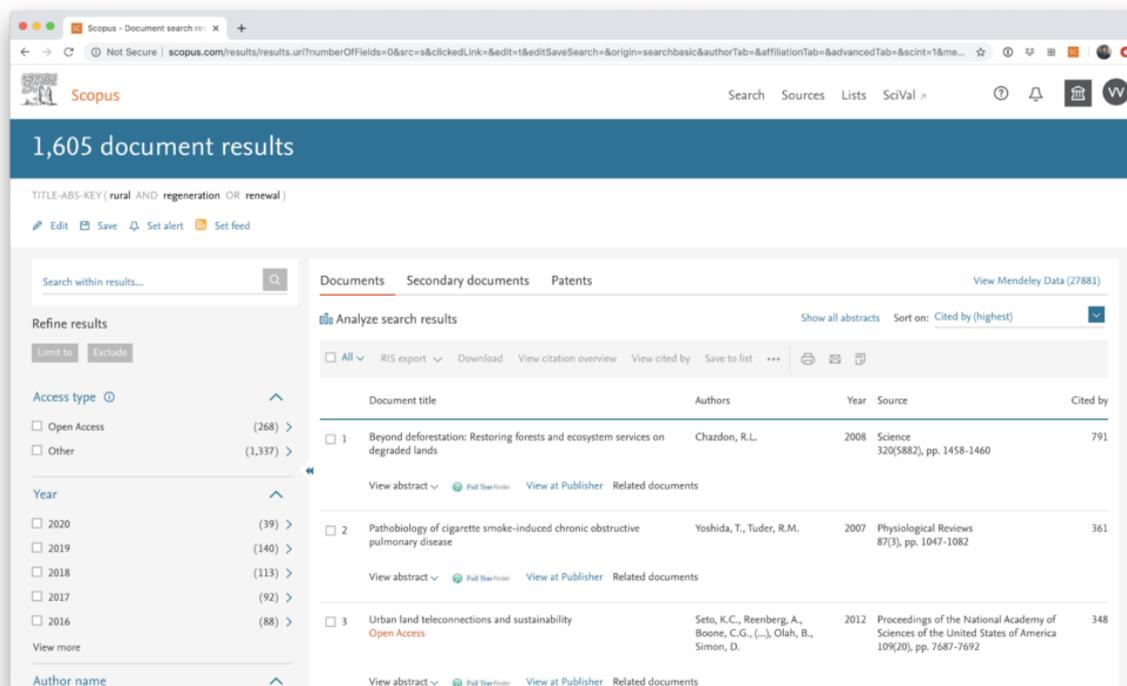


Рис 1.1.3 - зображення інтерфейсу пошуку в Scopus

Пошук здійснюється на вкладці «Search», де користувач може обрати тип пошуку: документів (Document search), авторів (Author search) або організацій (Affiliation search). Система підтримує логічні оператори AND, OR, AND NOT, що дозволяє формувати точні пошукові запити. Наприклад: *"brain development" AND "defects" AND NOT "animal model"*.

Отримані результати можуть бути відфільтровані за роком, автором, країною, типом документа чи установою, а також збережені у вигляді списку («My List») або у форматі автоматичного сповіщення («Alert»). Інструмент «Analyze search results» надає статистику за роками, країнами, авторами, а функція «View citation overview» демонструє динаміку цитувань вибраних публікацій. Дані з Scopus можуть експортуватися у формати CSV, RIS, BibTeX для подальшого використання в CiteSpace або інших програмах.

1.2. Програмний інструмент Cite Space та наукометрична база Web of Science

Web of Science Core Collection (WoS) функціонує як Clarivate Analytics – найавторитетніша в світі аналітична і цитатна база даних журнальних статей[80]. Цей ресурс не містить повних текстів статей, однак включають посилання на повні

тексти в першоджерелах та списки всіх бібліографічних посилань, що зустрічаються в кожній публікації, що дозволяє в короткі терміни отримати найповнішу бібліографію по темі.

Програма забезпечує доступ до рецензованих журналів, конференцій та патентів, дозволяє здійснювати пошук наукових статей, аналіз цитувань і визначати наукову значущість досліджень. Web of Science використовується для оцінки наукової активності авторів, установ і країн, а також для відбору якісних джерел у наукових дослідженнях. За замовчуванням пошукової системи Web Of Science проводиться пошук за всіма доступними полями, що забезпечує максимальну гнучкість і широкий аналіз наукових праць [80]. (Рисунок 1.2.4)

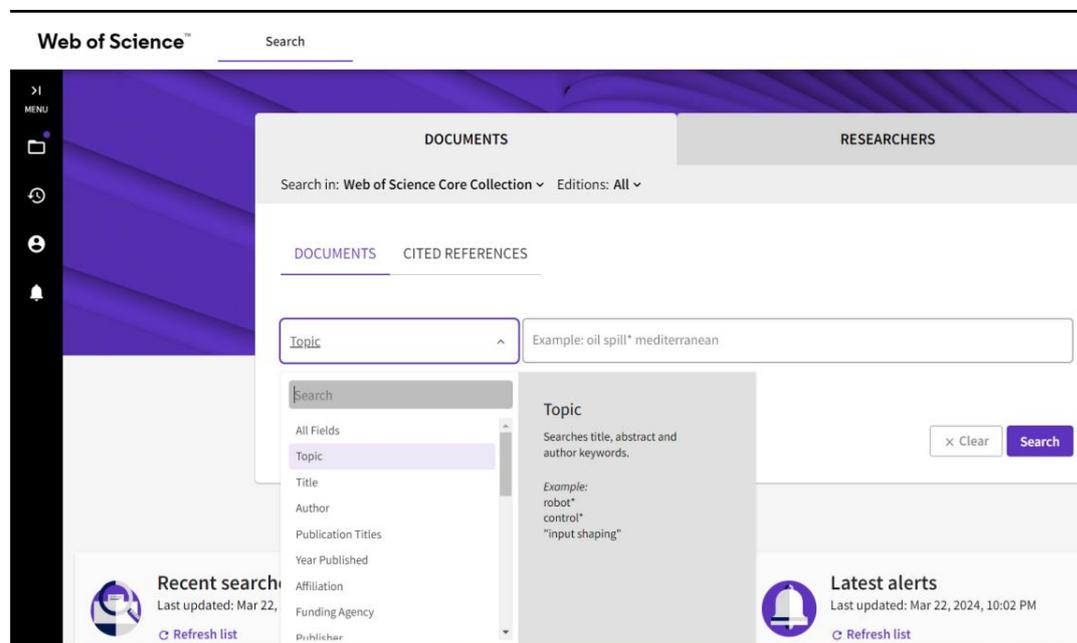


Рисунок 1.2.4 – Сторінка WOS

У Web of Science доступні як базовий пошук (Basic Search), так і розширений (Advanced Search). Формування запитів відбувається на основі логічних операторів (AND, OR, NOT) та спеціалізованих кодів полів:

- TS= (Topic) – тема,
- AU= (Author) – автор,
- SO= (Source) – назва видання,
- PY= (Publication Year) – роки публікації.

Наприклад:

TS=("neural tube defects") AND AU=(Smith J*) AND PY=(2020–2024)

Система дозволяє проводити аналіз результатів через вкладки «Analyze Results» та «Citation Report», що надають доступ до показників цитування, розподілу публікацій за країнами, авторами, установами тощо. Дані можуть експортуватися у формати RIS, CSV або в програму CiteSpace.

CiteSpace — це безкоштовна Java-програма для аналізу та візуалізації наукових публікацій, розроблена Чаом Мей Ченом (Chaomei Chen) [13]. Ця програма дає змогу проводити кластерний аналіз, досліджувати спалахи цитувань та шкалу часу публікацій, оскільки враховує аналітичні властивості при пошуку та аналізі наукових джерел.

У програмі CiteSpace є кластери — це групи взаємопов'язаних наукових документів, які мають спільні теми, ключові слова або посилання. Кластер формується автоматично під час аналізу бібліографічних даних за допомогою алгоритмів, які виявляють, які статті найтісніше пов'язані між собою через цитування або співавторство.

Основні можливості CiteSpace включають:

- імпорт даних із Web of Science, Scopus, PubMed;
- побудову мереж цитування та співпраці;
- часовий аналіз публікацій (time slicing);
- автоматичне виділення ключових кластерів (LLR, LSI, MI);
- застосування метрик центральності для виявлення ключових наукових вузлів.

Інтерфейс складається з таких основних панелей як (рис 1.2.5):

- Projects — створення та керування проектами;
- Time Slicing — вибір діапазону років дослідження;
- Selection Criteria — вибір алгоритму добору вузлів (*g-index*);

- Pruning Panel — скорочення мереж (алгоритми *Pathfinder*, *MST*);
- Visualization Window — інтерактивна візуалізація кластерів, шкали часу, центральності вузлів.

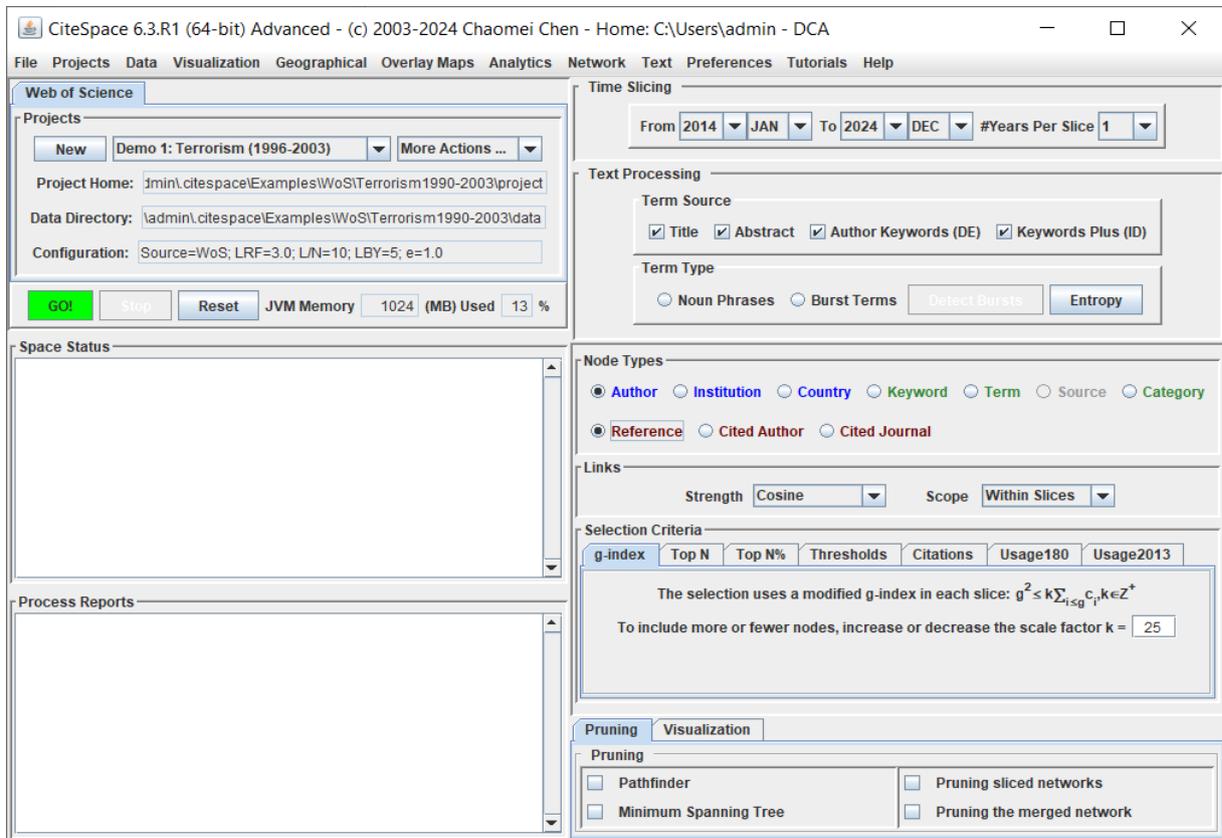


Рисунок 1.2.5 – Основний Інтерфейс Користувача Citespace

Робота з CiteSpace передбачає кілька послідовних етапів:

1. Збір даних — зазвичай через експорт результатів пошуку з WoS чи Scopus у форматі .txt або .csv.
2. Створення проєкту — через меню Project → New Project, де визначається папка з даними.(рис 1.2.6)

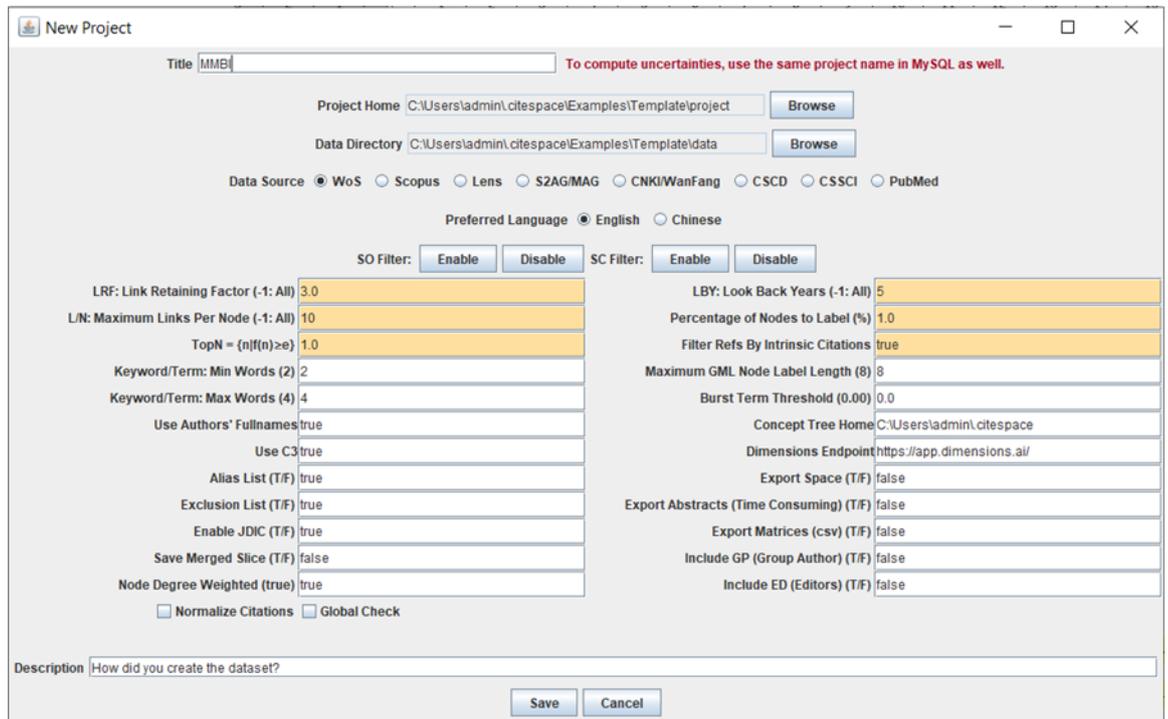


Рисунок 1.2.6 – Вікно створення проєктів CiteSpace

3. Налаштування параметрів аналізу — вибір часових інтервалів, типу вузлів (автори, ключові слова, організації), алгоритмів обрізання мережі (Pathfinder, MST).
4. Візуалізація результатів — побудова мережевої карти, де кольори відображають часову динаміку: ранні публікації — сині, нові — червоні.
5. Інтерпретація — виявлення ключових тем, авторів, «burst terms» та напрямів інтенсивного наукового розвитку.

1.3 Порівняльна характеристика програмного інструменту Cite Space та наукометричних баз Google Scholar, Scopus, Web of Science

Наукометричні бази Google Scholar, Scopus, Web of Science та програмне середовище CiteSpace мають спільні аналітичні можливості щодо пошуку наукових публікацій. Таблиця 1.3.1. відображає порівняльну характеристику аналітичних властивостей основних наукометричних баз даних — Google Scholar, Scopus, Web of Science (WoS) та програмного середовища CiteSpace.

Таблиця 1.3.1 – Аналітичний аналіз наукометричних баз Google Scholar, Scopus, WoS та програми CiteSpace

Як видно з таблиці, усі три бази (Google Scholar, Scopus і WoS) підтримують

Аналітична властивість	Google Scholar	Scopus	Web of Science	CiteSpace
Пошук за роком, автором, журналом	+	+	+	+
Пошук за ключовими словами	+	+	+	+
Аналіз цитувань	частково	+	+	+
Кластерний аналіз	–	–	–	+
Виявлення спалахів цитувань	–	–	–	+
Часова шкала публікацій	–	–	–	+
Візуалізація мереж	–	частково	частково	повна

базові функції пошуку за роком видання, автором, назвою журналу, ключовими словами та назвою статті. Проте їхні аналітичні можливості мають певні обмеження.

- Google Scholar забезпечує лише базовий рівень аналітики: перегляд цитувань і посилань без можливостей глибокого статистичного або кластерного аналізу [30].
- Scopus та Web of Science дозволяють здійснювати детальніший пошук, формувати аналітичні звіти, обчислювати індекс Гірша, аналізувати цитування авторів і організацій, однак не мають вбудованих засобів для побудови кластерів або часової шкали розвитку наукових напрямів.
- CiteSpace, на відміну від інших баз, не є джерелом бібліографічних записів, а виступає як інструмент аналітичної обробки даних. Він забезпечує кластерний аналіз, виявлення спалахів цитувань,

побудову часової шкали публікацій та повну візуалізацію мережевих зв'язків між авторами, країнами, установами і темами досліджень.

Отже, за результатами порівняльного аналізу видно, що саме CiteSpace найповніше реалізує комплексний підхід до візуалізації та аналізу наукової інформації, тоді як Google Scholar, Scopus і Web of Science залишаються головними джерелами даних для подальшої обробки у цій програмі.

Розділ 2 . МЕТОДОЛОГІЯ АНАЛІЗУ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ПРО ЯКІСТЬ ВОДИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ІНСТРУМЕНТУ CITE SPACE ТА ПОШУКОВИХ СИСТЕМ SCOPUS. ТА WEB OF SCIENCE

2.1 Проблема якості води в світі

Якість води є однією з ключових глобальних екологічних та соціально-економічних проблем сучасності. Вода необхідна для підтримки життя, функціонування екосистем, розвитку промисловості, сільського господарства та забезпечення санітарно-гігієнічних потреб населення. Проте у ХХІ столітті людство стикається не лише з дефіцитом прісної води, але й зі стрімким погіршенням її якості, що створює серйозні ризики для здоров'я населення та сталого розвитку [75, 83].

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, близько 2,2 мільярда людей у світі не мають доступу до безпечної питної води, а більше половини населення планети стикається з періодичними проблемами водопостачання або низькою якістю води [83]. Проблема якості води має глобальний характер і проявляється як у країнах, що розвиваються, так і в економічно розвинених державах [27].

Погіршення якості поверхневих та підземних вод зумовлене впливом антропогенних і природних чинників, проте саме антропогенне навантаження домінує у більшості регіонів світу [41]. Масштаби та характер забруднення водних ресурсів залежать від рівня економічного розвитку, структури господарської діяльності, щільності населення та ефективності екологічного управління.

Промислові стічні води є одним із найбільш небезпечних джерел забруднення. До водних об'єктів потрапляють важкі метали (кадмій, свинець, ртуть, хром), стійкі органічні забруднювачі, синтетичні поверхнево-активні речовини, фармацевтичні сполуки та мікропластик [50]. Ці речовини характеризуються високою токсичністю, біоаккумуляцією та тривалим збереженням у водному середовищі. Особливо гостро проблема промислового забруднення проявляється в індустріалізованих регіонах Азії, Європи та Північної Америки [60].

Сільськогосподарська діяльність є основним дифузним джерелом забруднення води. Надмірне використання азотних і фосфорних добрив, а також пестицидів призводить до змиву агрохімікатів у річки, озера та підземні води [41]. Внаслідок цього відбувається евтрофікація (процес надмірного збагачення водою біогенними речовинами) водою, що супроводжується «цвітінням» води, дефіцитом кисню та масовою загибеллю водних організмів. У багатьох країнах аграрне забруднення визнається ключовою причиною погіршення якості питної води [75].

Комунально-побутові стічні води, особливо в країнах із недостатньо розвинутою інфраструктурою водовідведення, залишаються значним джерелом органічного та мікробіологічного забруднення. До водного середовища потрапляють патогенні мікроорганізми, віруси, яйця гельмінтів, а також залишки мийних засобів і лікарських препаратів [83]. Це безпосередньо пов'язано з поширенням водно-інфекційних захворювань, що є серйозною проблемою для країн Африки, Південної Азії та Латинської Америки [27].

Зростання площі штучних поверхонь у містах сприяє формуванню забрудненого поверхневого стоку, що містить нафтові продукти, важкі метали та хімікати [60]. Зміна клімату підвищує температуру води та змінює гідрологічний режим, посилюючи концентрацію забруднювачів і активізуючи біохімічні процеси у водоймах [75].

Якість води оцінюють за фізико-хімічними, біологічними та токсикологічними показниками. До фізико-хімічних належать рН, електропровідність, жорсткість, концентрація кисню та хімічного споживання кисню [41]. Біологічні показники включають вміст бактерій, вірусів, фітопланктону, макробезхребетних [83]. Токсикологічні індикатори визначають концентрації важких металів, пестицидів та інших хімічних речовин, здатних накопичуватися у живих організмах [50].

Низька якість води має багатовимірні наслідки. Передусім вона становить загрозу для здоров'я людини, спричиняючи гострі та хронічні захворювання, включаючи шлунково-кишкові інфекції, хвороби печінки, нирок та онкологічні

патології [83]. З екологічної точки зору забруднення води призводить до деградації водних екосистем, зниження біорізноманіття та порушення трофічних ланцюгів [27].

Соціально-економічні наслідки проявляються у зростанні витрат на очищення води, лікування населення, втраті продуктивності праці та обмеженні доступу до безпечних водних ресурсів [75]. У багатьох регіонах світу проблема якості води стає чинником соціальної напруги та міждержавних конфліктів [60].

Усвідомлення масштабів проблеми якості води зумовило активізацію міжнародного співробітництва [75, 83]. Організація Об'єднаних Націй, ВООЗ, ЮНЕСКО та інші міжнародні інституції розробляють рекомендації, стандарти та програми, спрямовані на моніторинг і покращення якості водних ресурсів

Ключовим напрямом є впровадження інтегрованого управління водними ресурсами, що передбачає врахування екологічних, економічних і соціальних аспектів використання води [27]. Важливу роль відіграє розвиток сучасних методів моніторингу якості води, зокрема геоінформаційних систем, біоіндикаторів та наукометричних підходів [41].

Отже, проблема якості води у світі є комплексною та багатоаспектною. Вона потребує системного підходу, що поєднує наукові дослідження, ефективну екологічну політику, технічні інновації та міжнародну співпрацю [75, 83]. Аналіз літературних джерел свідчить, що без вирішення проблеми забруднення водних ресурсів неможливо досягти цілей сталого розвитку та забезпечити належну якість життя населення [27, 41].

2.2 Наукометричний аналіз досліджень з проблем якості води за даними бази Scopus

Першим етапом наукометричного аналізу є формування коректного пошукового запиту для отримання релевантного масиву даних. Запити

формувалися у полях «TITLE-ABS-KEY» для Scopus та «Topic» для Web of Science, що дозволяє охопити заголовки, анотації та ключові слова.

Типовий запит: TITLE-ABS-KEY ("Water quality methods") OR TITLE-ABS-KEY ("water evaluation methods")

74 document results Select year range to analyze: 1970 to 2024 Analyze

35 document results Select year range to analyze: 2014 to 2023 Analyze

Він дозволив відібрати статті, присвячені методам оцінки якості води, включаючи індекс якості води (WQI), гідрохімічний аналіз, застосування біоіндикаторів, ГІС-технологій та методів машинного навчання.

Аналіз результатів пошуку показав, що з 1970 по 2024 рік кількість публікацій у Scopus, присвячених якості води, значно зростає. Особливо помітний приріст спостерігається після 2010 року, що свідчить про посилення уваги до питань моніторингу та оцінки водних ресурсів. На рис.2.2.1. зображено кількість публікацій в наукометричній базі Scopus за 1970-2024 роки. А на рис.2.2.2. зображено кількість публікацій в наукометричній базі Scopus за 2014-2023 роки.

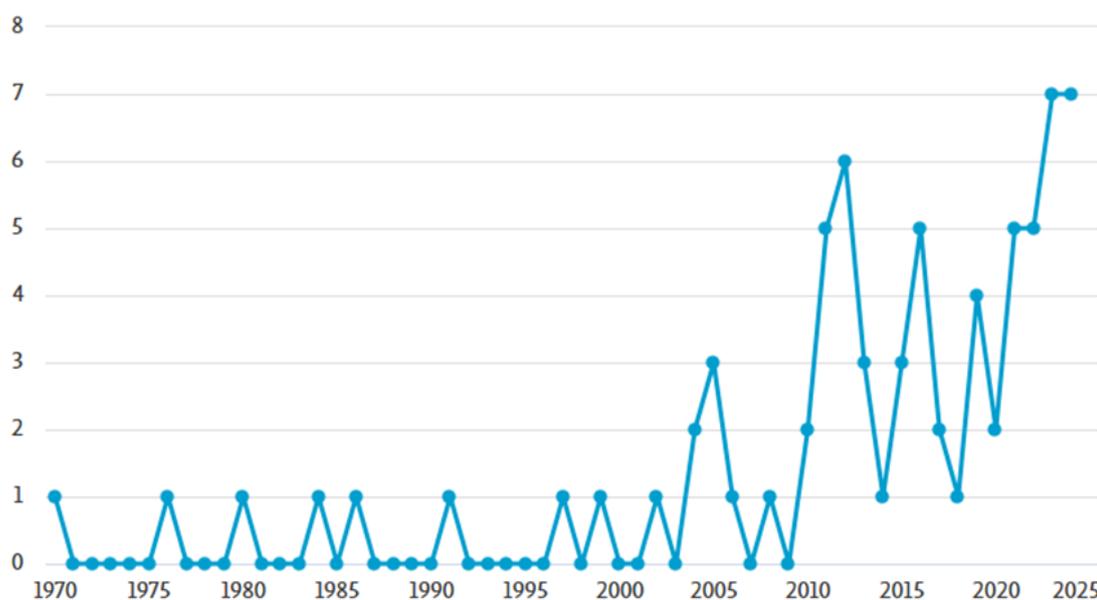


Рис 2.2.1. Кількість публікацій за 1970-2024 роки, які стосуються

дослідження якості води.

Documents by year

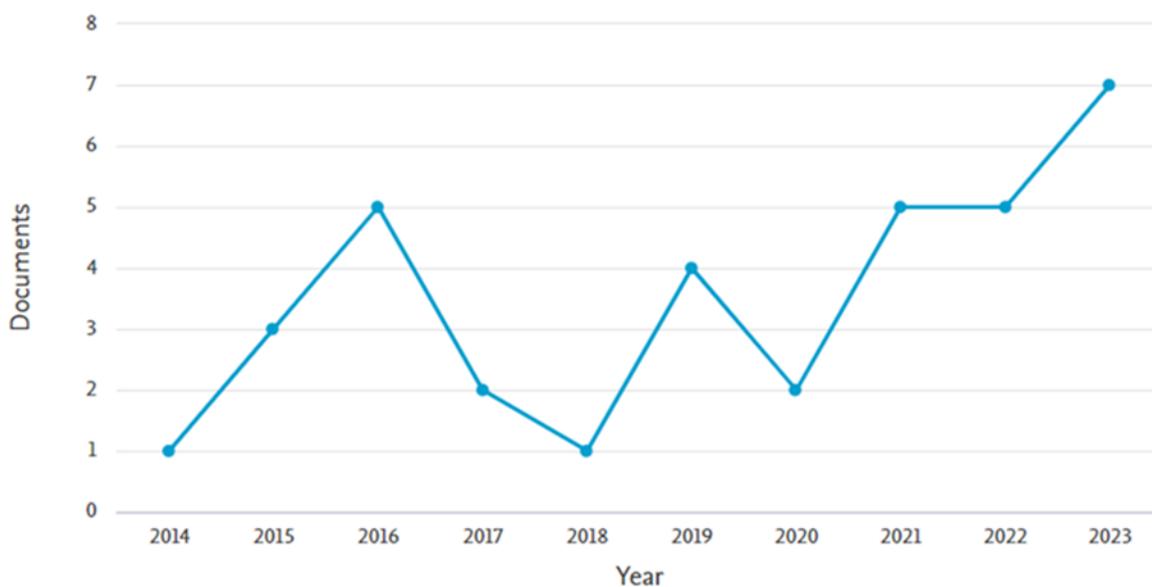


Рис. 2.2.2. Кількість публікацій за 2014-2023 роки які стосуються дослідження якості води.

На рисунку 2.2.3 наведено країни, де опубліковано найбільшу кількість статей цієї проблематики, що подані в бібліографічній базі даних Scopus за результатами пошуку при дослідження якості води.

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

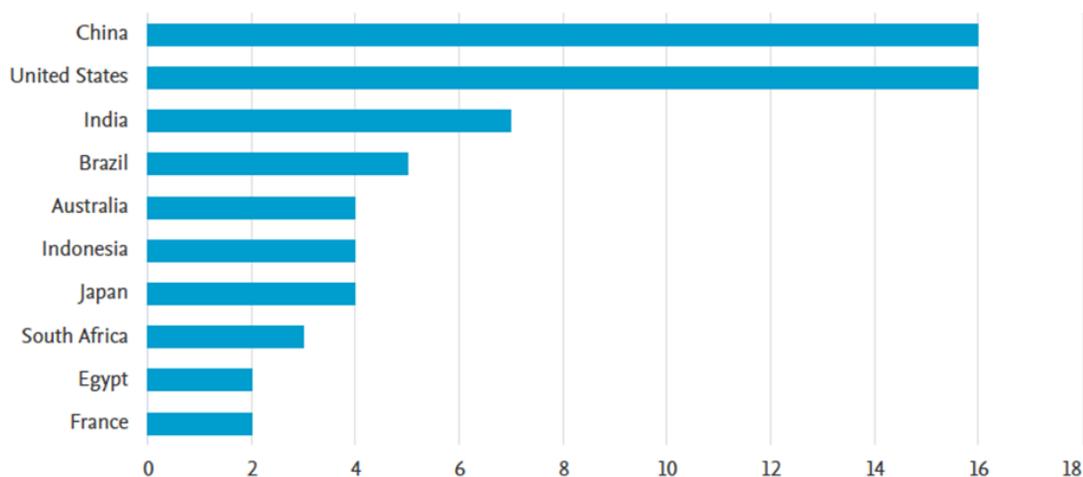


Рис. 2.2.3. Найбільша кількість публікацій, які стосуються дослідження якості води по країнах

Найбільше статей опубліковано у Китаї-16, далі США – 16, Індія –7, Бразилія-5, Австрія-4, Індонезія-4, Японія-4 Північна Африка-3, Єгипет-2, Франція-2.

На рис. 2.2.4 наведено 10 авторів, які опублікували найбільшу кількість публікацій, які представленні в наукометричній базі Scopus за результатами пошуку дослідження якості води. Зокрема, це автори: Conn. K.E, Habteselassie. M.Y, Noble. R.T, Saha. P.D, Abebe. A, Acheng. P, Afzal. U, Ain. C, Akhila. T.S, Alabaster. J.S й ін.

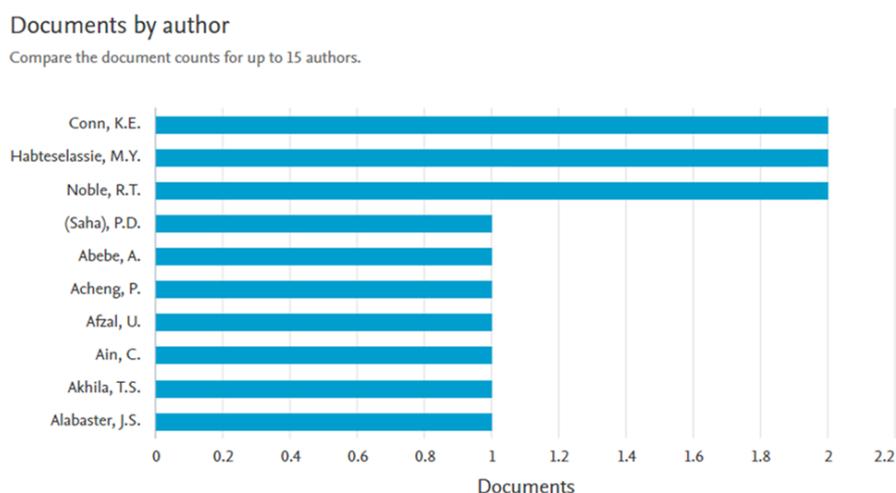


Рис. 2.2.4. Найбільша кількість публікацій, які стосуються дослідження якості води за авторами.

Найбільшу кількість публікацій опублікували Conn. K.E, Habteselassie. M.Y, Noble.R.T, зокрема кожен з них опублікував по 2 публікації, що стосуються проблеми якості води.

Основні напрямки досліджень:

- оцінка індексу якості води (WQI);
- гідрогеохімічний аналіз підземних вод;
- використання ГІС-технологій;
- застосування біоіндикаторів;

- прогнозування якості води за допомогою методів машинного навчання.

На рис. 2.2.5 наведено найбільшу кількість публікацій серед різних установ світу, які найчастіше займалися дослідженні якості води. Ці дані наведені у бібліографічній базі даних Scopus за результатами пошуку методами машинного навчання.

Documents by affiliation

Compare the document counts for up to 15 affiliations.

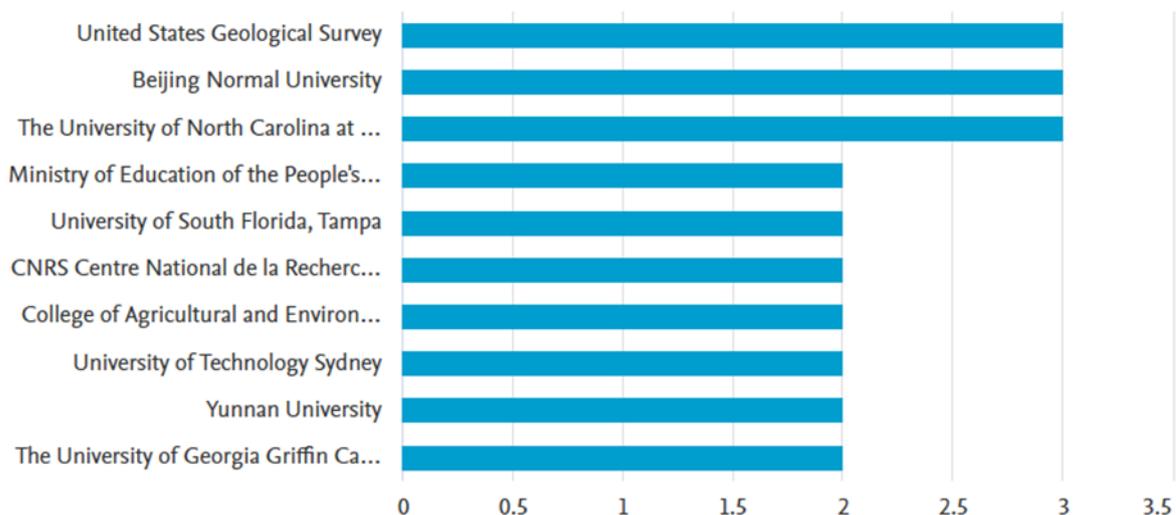


Рис. 2.2.5. Найбільша кількість публікацій серед наукових установ у бібліографічній базі даних Scopus за результатами пошуку.

Найбільше публікацій припадає на:

- United States Geological Survey-3;
- Beijing Normal University-3;
- The University of North Carolina-3.

Ministry of Education of the People's, University of South Florida, Tampa, CNRS Centre National de la Recherc, College of Agricultural and Environ, University of Technology Sydney, Yunnan Universtly, The University of Georgia Griffin Cau- на кожну з цих установ припадає по 2 публікації.

2.3 Наукометричне картографування досліджень з проблем якості води засобами Web of Science та CiteSpace

У межах даного підрозділу розглядаються особливості використання бази даних Web of Science для аналізу публікацій, присвячених якості води, та подальшої їхньої обробки в програмі CiteSpace.

Для інтерпретації графічних матеріалів, отриманих у результаті пошуку в Web of Science (WOS), застосовано системний підхід [80].

У процесі дослідження було сформовано пошукові запити з використанням логічних операторів (AND, OR, NOT):

```
(TS=("modeling") OR TS=("forecasting") OR TS=("water quality") OR  
TS=("fuzzy logic") OR TS=("heavy metals") OR TS=("nitrates") OR TS=("phosphates")  
OR TS=("ammonia compounds") OR TS=("water quality categories") OR TS=("heavy  
metal migration") OR TS=("correlation between hydrogen pH and metals") OR  
TS=("Markov chain theory")) AND (TS=("surface waters"))
```

Це дозволило уточнити тематику досліджень та виявити найбільш релевантні публікації, що стосуються проблем водних ресурсів. Рисунки демонструють результати таких комбінованих запитів.

На рисунках наведено візуалізовані дані, отримані з WOS після застосування відповідних логічних умов. Такі візуалізації дозволяють зручно порівнювати показники між країнами та науковими напрямками. Графічний формат підсилює наочність і дає можливість виявити домінуючі тенденції.

На рисунку 2.3.1 подано перелік країн, що здійснюють найбільшу кількість публікацій за обраною проблематикою. Згідно з отриманими даними, провідними державами у сфері дослідження водних ресурсів є США (991) та Китай (490), які демонструють найвищий рівень публікаційної активності. Це свідчить про високий науковий інтерес та наявність розвинених дослідницьких центрів у цих країнах.



Рисунок 2.3.1 – Результат використання логічних умов у WOS стосовно країн, що вивчають проблеми водних ресурсів

Рисунок 2.3.2 відображає наукові галузі, в межах яких найчастіше виконуються дослідження водних ресурсів. Найбільшу кількість публікацій зафіксовано у сферах навколишнього середовища (2 203) та водних ресурсів (841). Це вказує на міждисциплінарний характер проблеми та на домінування природничо-технічних наук у дослідженні водних екосистем, їхнього стану та методів управління.



Рисунок 2.3.2– Результат використання логічних умов у WOS стосовно наукових напрямків, що вивчають проблеми водних ресурсів

Кластери — це групи наукових публікацій, ключових слів або джерел, об'єднані між собою спільною тематикою та високим рівнем взаємного цитування. У CiteSpace кластери формуються на основі аналізу мереж співцитування та відображають основні напрями наукових досліджень у певній галузі.

CiteSpace дозволяє виконувати розширений аналіз бібліографічних даних, імпортованих із провідних наукових баз, таких як Web of Science. Завдяки інтегрованим алгоритмам кластеризації, методам виявлення «вибухів активності» (burst detection) та інструментам побудови карт наукових знань, платформа дає змогу простежити еволюцію певної тематики у часі та визначити її найбільш впливові складові.

Представлено карту ключових термінів, що найчастіше зустрічаються у публікаціях, пов'язаних із забрудненням води. Тематичні зв'язки між найчастіше вживаними ключовими словами у публікаціях, присвячених проблематиці якості води наведені на рисунку 2.3.3.

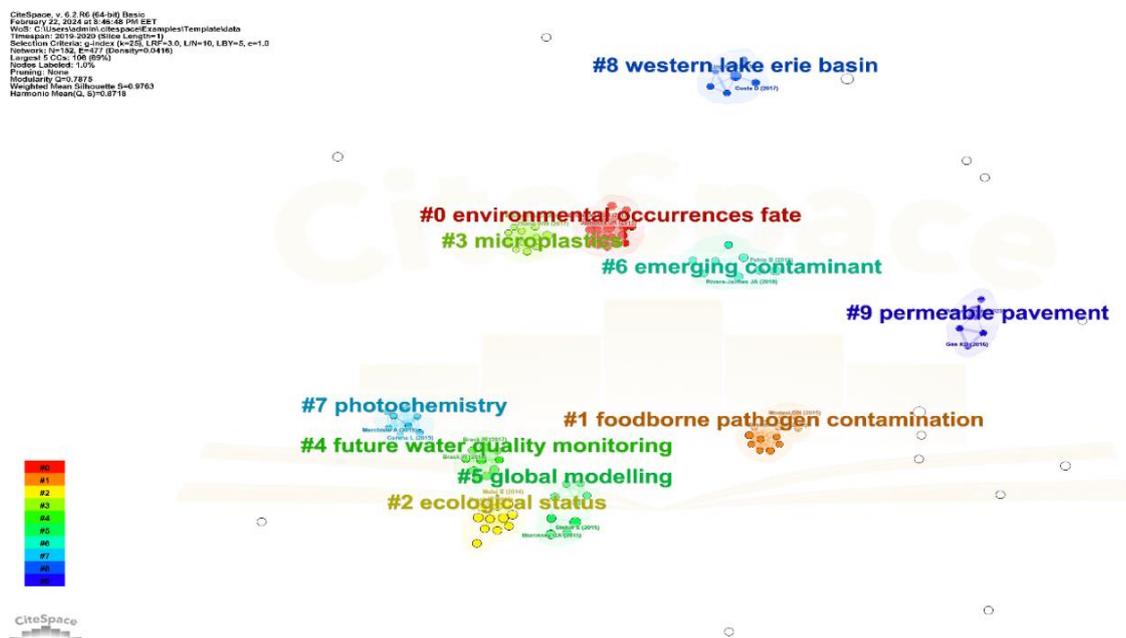


Рис.2.3.3: Карта кластеризації ключових слів досліджень якості води, побудована в програмі CiteSpace

Кластер №0 “Environmental occurrences, fate” (Прояви та поведінка в довкіллі) відображає базові дослідження процесів міграції та трансформації забруднювачів у водному середовищі.

Основна стаття кластера, що цитується: «Environmental occurrences, fate, and impacts of microplastics» [84]. У статті проаналізовано шляхи потрапляння мікропластику в навколишнє середовище та його екологічні наслідки.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Plastic waste inputs from land into the ocean (Science)» [33]. Автори оцінюють кількість пластикових відходів, що щороку потрапляють в океани, та виявляють основні джерела забруднення.
- «River plastic emissions to the world’s oceans (Nature Communications)» [40]. Представлено глобальну модель, яка оцінює обсяг пластику, що виноситься річками до океанів.
- «Microplastics in freshwater systems (Water Research)» [20]. Узагальнює дані про поширення мікропластику у прісних водах і вплив на біоту.

Ці роботи формують фундаментальні знання про джерела, поширення та наслідки пластикового забруднення, що стало одним із головних викликів у дослідженнях водних екосистем.

Кластер №1 “Foodborne pathogens” (харчові патогени) зосереджений на мікробіологічних аспектах — поширенні та впливі патогенів у сільськогосподарських водах.

Основна стаття кластера, на яку посилаються: «Complex interactions between weather, and microbial and physicochemical water quality impact the likelihood of detecting foodborne pathogens in agricultural water» [81]. Досліджує вплив погодних умов на поширення патогенів у воді.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Relationships between fecal indicator bacteria and pathogens (Water Research)» [7]. Встановлює зв'язок між показниками фекального забруднення та наявністю патогенів.
- «Hydrologic and water quality models: performance measures and evaluation criteria (Transactions of the ASABE)» [52]. Представляє підходи до моделювання якості води в агросистемах.

Ці джерела створюють основу для оцінки санітарно-гігієнічних ризиків і підтверджують важливість інтеграції кліматичних, мікробіологічних та фізико-хімічних показників у моніторингу води.

Кластер №2 “Ecological status” (екологічний стан) об'єднує роботи з оцінки стану водних екосистем за біологічними та хімічними показниками.

Основна стаття кластера, що цитується: «Mixtures of chemicals are important drivers of impacts on ecological status in european surface waters» [61]. Автори доводять необхідність урахування сумішей забруднювачів при оцінці якості вод.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Effect-based methods for monitoring (Environmental Sciences Europe)» [3]. Підкреслює переваги біоаналітичних методів у моніторингу.
- «Organic chemicals jeopardize the ecological status of rivers and lakes across Europe (PNAS)» [45]. Показує масштаби впливу органічних забруднювачів на водні ресурси Європи.
- «European waters — Assessment of status and pressures» [19]. Аналітичний звіт Європейської екологічної агенції про стан водних ресурсів.

Кластер №3 “Microplastics” (мікропластик) відображає глобальну тенденцію до дослідження нових типів забруднювачів.

Основна стаття кластера, що цитується: «Holistic assessment of microplastics in various coastal environmental matrices, southwest coast of india» [64]. Оцінює вміст мікропластику у воді, осадах і рибі.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Microplastic pollution in the Bohai Sea (Environmental Pollution)» [86]. Досліджує просторовий розподіл мікропластику у прибережних водах Китаю.
- «Microplastics as vectors for heavy metals (Estuarine, Coastal and Shelf Science)» [8]. Аналізує здатність мікропластику переносити важкі метали.
- Вперше фіксує мікропластик у північних регіонах.

Кластер №4 “Future water quality monitoring” (майбутній моніторинг якості води) концентрується на інтеграції хімічних і біоаналітичних методів у системах моніторингу.

Основна стаття кластера, що цитується: «Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures» [1]. У цій статті запропоновано поєднання хімічного та біологічного аналізу.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Effect-directed analysis (EDA) (Science of the Total Environment)» [6]. Представлено методи виявлення токсичних ефектів сумішей забруднювачів.
- «Comprehensive pesticide screening (Environmental Science & Technology)» [54]. Показано переваги повного скринінгу пестицидів над традиційними методами.

Кластери №5 – “Global modelling” (Глобальне моделювання). Кластер пов’язаний з моделюванням глобальних ризиків.

Основна стаття кластера, що цитується: «Pesticides in surface waters: from edge-of-field to global modelling» [32]. Узагальнює підходи до моделювання пестицидів.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Neonicotinoid pollution worldwide (PNAS)» [70]. Оцінює глобальний вплив інсектицидів на водні організми.
- «Agricultural insecticides threaten surface waters globally (Environmental International)» [53]. Аналізує перевищення нормативних рівнів інсектицидів у водоймах.

Кластер №6 — “Emerging contaminants” (нові забруднювачі). Кластер охоплює дослідження, присвячені сучасним і новим типам забруднювачів (emerging contaminants) — зокрема фармацевтичним препаратам, продуктам особистої гігієни (PPCPs — pharmaceutical and personal care products), гормонам, антимікробним речовинам. Ці сполуки є стійкими до руйнування, постійно надходять у водні екосистеми та можуть викликати кумулятивні ефекти.

Основна стаття кластера, що цитується: «Occurrence of emerging contaminants in environmental surface waters and their analytical methodology - a review» [46]. Публікація узагальнює появу нових забруднювачів у поверхневих водах та їх загрозу для здоров'я людини й екосистем.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Pharmaceuticals and personal care products in freshwater ecosystems (Emerging Contaminants)» [17]. Аналізує механізми потрапляння фармацевтики у прісні води та токсикологічні ризики.
- «Inactivation of microorganisms under solar radiation (Science of the Total Environment)» [63]. Розглядає вплив сонячної радіації на деградацію фармацевтичних речовин та збудників.
- «A review on emerging contaminants in wastewater (Water Research)» [59]. Охоплює методи виявлення й оцінки ризиків новітніх забруднювачів.

Цей кластер формує основу розуміння того, що традиційні методи очищення не справляються з сучасними сполуками, які широко використовуються у медичній та косметичній індустріях.

Кластер №7 — “Photochemistry” (Фотохімія). Кластер включає дослідження природних фотохімічних процесів у поверхневих водах — тобто реакцій, які відбуваються під впливом сонячного світла та сприяють руйнуванню забруднювачів. Це важливий напрям екологічної хімії, оскільки фотохімічні реакції є одним із природних механізмів самоочищення водних екосистем.

Основна стаття кластера, що цитується: «Mapping the photochemistry of european mid-latitudes rivers: an assessment of their ability to photodegrade contaminants» [10]. Аналізує фотохімічні параметри річок середніх широт Європи та їх здатність до природного руйнування органічних сполук.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Emerging contaminants in wastewater: photochemical degradation pathways (Water Research)» [48]. Описує фотодеградацію нових забруднювачів у стічних водах.
- «Assessment of emerging pollutants using advanced photochemical analysis (Chemosphere)» [10]. Висвітлює методи, що дозволяють оцінити фотохімічний розпад стійких органічних речовин.

Кластер показує, як природні процеси можуть зменшувати концентрацію токсичних речовин і формує наукове підґрунтя для створення сонячних технологій очистки води.

Кластер №8 — “Lake Erie Basin” (Басейн озера Ері). Цей кластер зосереджується на проблемі фосфорного забруднення, що викликає евтрофікацію водних об’єктів. Особлива увага — аграрним ландшафтам та технологіям зниження фосфатного стоку.

Основна стаття кластера, що цитується: «Performance of field-scale phosphorus removal structures utilizing steel slag for treatment of subsurface drainage» [58]. Оцінює інженерні споруди, що затримують фосфор, використовуючи сталеплавильний шлак.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Transport of phosphorus in subsurface drainage (Journal of Environmental Quality)» [35]. Описує механізми переміщення фосфору у дренажних системах.
- «Phosphorus export from drained agricultural fields (Journal of Great Lakes Research)» [57]. Досліджує втрати фосфору з агрономічних територій до басейну Великих озер.

Кластер є прикладним та інженерно-орієнтованим і демонструє ефективність нових структур для зменшення евтрофікації.

Кластер №9 — “Permeable pavement” (Водопроникне покриття). Кластер присвячений сучасним інженерним рішенням для поліпшення якості стічних вод у містах — зокрема проникним дорожнім покриттям (permeable pavement). Ці системи дозволяють інфільтрацію дощових вод і їх природну фільтрацію.

Основна стаття кластера, що цитується: «Water quality performance of a permeable pavement and stormwater harvesting treatment train stormwater control measure» [82]. Аналізує ефективність водопроникного покриття для очищення вод

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Performance of rainwater harvesting systems (Journal of Environmental Engineering)» [25]. Вивчає системи збору дощових вод та їх вплив на якість водного середовища.
- «Integration of bioretention with urban drainage systems (Journal of Sustainable Water in the Built Environment)» [16]. Показує, як поєднання природоорієнтованих рішень оптимізує очищення міських стоків.

Цей кластер відображає зелену інфраструктуру та розвиток природоорієнтованих рішень (Nature - Based Solutions) для міського водокористування.

Наступна візуалізація описує структуру наукових досліджень, сформовану на основі спільного цитування публікацій у сфері якості води. Карта демонструє, які наукові роботи найчастіше цитуються разом, та об'єднує їх у кластери за тематичним спрямуванням. Такий підхід дозволяє виявити ключові напрями досліджень, зокрема хімічне забруднення, нові контамінанти, токсичні ефекти, мікробіологічні ризики та методи оцінки екологічного ризику. Візуалізація відображає інтелектуальний ландшафт галузі та показує публікації, що формують наукове ядро сучасних екологічних досліджень (Рис. 2.3.4.).

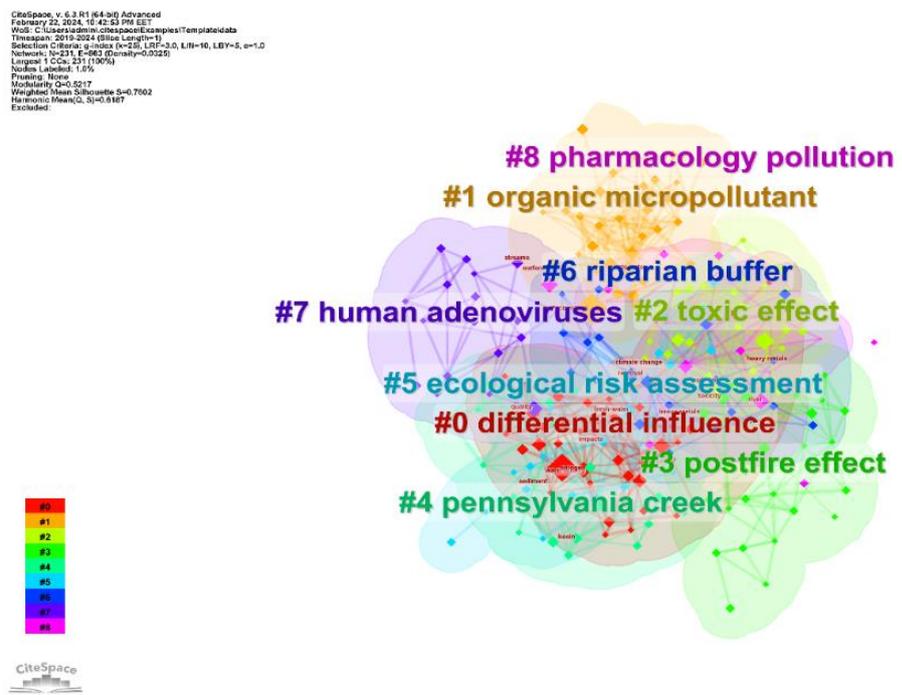


Рис. 2.3.4. Карта кластеризації спільно цитованих публікацій у дослідженнях забруднення води

Кластер №0 — “Differential influence” (Диференційний вплив). Цей кластер є найбільшим, і він об'єднує літературу, присвячену моделюванню впливу хімічних речовин та їх сумішей на водні екосистеми. Публікації тут формують наукову основу сучасної оцінки ризику в Європі.

Основна стаття кластера, що цитується: «The european collaborative project solutions developed models to provide diagnostic and prognostic capacity and fill data gaps for chemicals of emerging concern» [77]. У цій статті представлено комплексний європейський підхід до оцінювання ризиків забруднювачів водного середовища. Робота описує методи хімічного аналізу, біотестування та моделювання, що дозволяють виявити небезпечні речовини навіть у складних сумішах.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Series of publications from the SOLUTIONS project on emerging pollutants, effect-based monitoring, and diagnostic tools. Environmental Sciences Europe; Science of the Total Environment» [4]. У серії робіт автори описують концепцію effect-directed analysis (EDA), інструменти для ідентифікації токсичних фракцій сумішей, а також методи інтеграції хімічних і біологічних даних у моніторингу. Роботи Brack сформували основу сучасного розуміння того, як аналізувати реальні забруднення, коли десятки речовин діють одночасно.

- «Mixtures of chemicals: a framework for understanding combined effects in aquatic ecosystems. Environmental Toxicology and Chemistry» [62]. Стаття пояснює, що реальна токсичність водних екосистем визначається сумішами речовин, а не дією окремих забруднювачів. Автори пропонують концептуальну модель для оцінки комбінованих впливів та доводять необхідність переходу від індивідуальних стандартів до оцінки комплексного хімічного навантаження.

Кластер №1 — “Organic micropollutants” (Органічні мікрозабруднювачі). Цей кластер охоплює літературу, що стосується фармацевтичних речовин, косметики, пестицидів та інших стійких органічних сполук у воді.

Основна стаття кластера, що цитується: «Occurrence of emerging contaminants in environmental surface waters and their analytical methodology - a review» [46]. Розглядає поширення фармацевтичних речовин у поверхневих водах, показує джерела надходження і екологічні ризики.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment: a global review of concentrations, sources, and effects. *Environmental International*» [18]. Це глобальний огляд, який систематизує дані про поширення фармацевтичних та косметичних речовин у річках, озерах і водосховищах. Автори підкреслюють зростаючий ризик від PPCPs, що діють як ендокринні дизруптори й можуть впливати на рибу, амфібій та людину.

- «How well are pesticide concentrations in surface waters monitored. Comparison of traditional sampling with passive sampling techniques. *Environmental Science & Technology*» [55]. У статті порівнюються традиційні методи відбору проб води з високоточними пасивними методами (наприклад, POCIS). Автори показують, що сучасні аналітичні інструменти виявляють значно ширший спектр пестицидів і їхніх метаболітів, що дозволяє точніше оцінювати їхній вплив на екосистеми.

Кластер №2 — “Toxic effect” (Токсичний ефект). Включає дослідження впливу важких металів, токсичних сполук і їх сумішей на водні організми.

Основна стаття кластера, що цитується: «Interactions of lead with other heavy metals (cadmium, nickel and zinc) in toxic effects on the histological structure of gills of the common carp *cyprinus carpio linnaeus*» [74].

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Heavy metal accumulation and toxicity in aquatic organisms. *Environmental Toxicology and Chemistry*» [24]. У статті описано механізми накопичення металів у тканинах водних організмів, розвиток оксидативного стресу та його наслідки — пошкодження мембран, порушення метаболізму та зниження життєздатності.

- «Toxicity of mixed heavy metals in aquatic environments: interactions, synergies and combined effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*» [9]. Робота присвячена синергетичним та антагоністичним ефектам у

токсичності сумішей металів. Автори показують, що навіть нетоксичні концентрації окремих металів можуть спричинити сильний комбінований токсичний ефект.

- «Oxidative damage induced by heavy metals in freshwater species: cellular mechanisms and defense responses. *Aquatic Toxicology*» [88]. У статті розглядаються механізми пошкодження клітин внаслідок дії важких металів — утворення вільних радикалів, порушення роботи антиоксидантних систем, ушкодження ДНК та білків. Кластер

№3 — “Post-fire effects” (Постпожежні ефекти). Кластер зосереджений на тому, як лісові пожежі впливають на водні екосистеми: ерозія ґрунтів, зміни гідрології, підвищення турбідності та концентрації органіки.

Основна стаття кластера, що цитується: «Nutrient export and elemental stoichiometry in an urban tropical river» [49].

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Forest fire impacts on hydrology and water quality: The role of erosion, carbon mobilization, and nutrient export. *Journal of Hydrology*» [66]. У статті показано, що інтенсивні лісові пожежі різко підвищують ерозійні процеси в басейнах річок. Автори демонструють, що зруйнована рослинність не здатна утримувати ґрунт, що призводить до збільшення виносу вуглецю, азоту та фосфору, а також до різкого зростання мутності води.

- «Post-fire hydrological changes in forested catchments: mechanisms and long-term effects. *Hydrological Processes*» [67]. Це дослідження пояснює фундаментальні зміни гідрологічних процесів, що відбуваються після пожеж: зменшення інфільтрації, збільшення поверхневого стоку, зміщення пікових витрат та підвищення ризику раптових паводків. Автори аналізують, як ці зміни можуть тривати роками, впливаючи на стійкість річкових екосистем. Кластер

№4 — “Viral contamination” (Вірусне забруднення). Охоплює літературу про аденовіруси, норовіруси та інші патогени у воді.

Основна стаття кластера, що цитується: «Temporal stability of *e. coli* and enterococci concentrations in a pennsylvania creek» [34]. У цій статті дослідники вивчали, чи є стабільні просторово-часові ділянки з підвищеною або зниженою концентрацією бактерій, таких як *E. coli* та ентерококи, у потоці, який протікає через різні типи землекористування.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Viral contamination of surface waters: a large-scale survey of enteric viruses in Europe. Water Research» [38].

У статті представлено масштабне дослідження присутності аденовірусів, норовірусів та інших ентеричних вірусів у поверхневих водах Європи. Автори демонструють високу поширеність вірусних патогенів навіть у водоймах, що традиційно вважаються відносно чистими, та акцентують на необхідності постійного моніторингу.

- «Quantitative microbial risk assessment of viral contamination in recreational and drinking waters. Risk Analysis» [68].

Стаття описує методи кількісної оцінки ризику зараження населення вірусами через воду. Автори використовують математичні моделі для оцінки ймовірності інфікування норовірусами та аденовірусами, пропонують порогові значення ризику та підходи до управління водною безпекою.

Кластер №5 — “Risk assessment” (Оцінка ризику). Цей кластер узагальнює літературу про методології екологічної оцінки ризику.

Основна стаття кластера, що цитується: «Derivation of aquatic life criteria for four phthalate esters and their ecological risk assessment in liao river» [90]. Автори у цій статті прагнули встановити критерії безпечності (для життя у воді) для чотирьох важливих фталатів (DEHP, DBP, BBP і DEP) і оцінити їх екологічний ризик у річці Ляо.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Effect-directed analysis (EDA): An overview of approaches used to identify key toxicants in complex environmental mixtures. *Science of the Total Environment*.» [6]

Стаття узагальнює концепцію *effect-directed analysis*— метод, що дозволяє визначати найтоксичніші компоненти у складних сумішах забруднювачів. Автори описують поетапний підхід EDA, який об'єднує біотести, хімічний аналіз і фракціонування, щоб встановити, які речовини є головними джерелами токсичності.

- «Effect-based trigger values for *in vitro* bioassays: Linking bioassay responses and chemical risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*» [22].

У роботі автори демонструють, як біологічні тести *in vitro* можуть бути інтегровані в оцінку токсичності водних забруднень. Вони пропонують так звані “*effect-based trigger values*” — порогові значення біологічної відповіді, які допомагають виявити потенційно небезпечні зразки води навіть тоді, коли хімічний аналіз не повністю відображає ризики.

Кластер №6 — “*Riparian buffer strip*” (Прибережна буферна смуга). Кластер присвячений дослідженням, що описують функціонування прибережних буферних смуг як природних елементів водоохоронної інфраструктури. У цих роботах аналізуються механізми, за допомогою яких буферні зони зменшують надходження поживних речовин, завислих частинок та органіки до поверхневих вод, а також їхня роль у стабілізації кисневого режиму. Значна увага приділяється моделюванню гідродинамічних та біогеохімічних процесів у річках.

Основна стаття кластера, що цитується: «*Evaluation of a coupled hydrodynamic-closed ecological cycle approach for modelling dissolved oxygen in surface waters*» [71]. Стаття представляє інтегровану модель, що дозволяє якісно прогнозувати динаміку розчиненого кисню у річкових системах.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Removal of nutrients and suspended solids by riparian buffer systems: A comprehensive review. Ecological Engineering» [89]. Огляд присвячено процесам видалення азоту, фосфору та завислих речовин у прибережних буферних зонах.

- «Climate change impacts on riverine ecosystems: modelling oxygen dynamics under altered flow and temperature regimes. Science of the Total Environment» [44]. Дослідження моделює вплив кліматичних змін на кисневий режим річок.

- «Streamside riparian forest buffers and water quality: impact assessment and ecological significance. Freshwater Science» [73]. Стаття аналізує вплив деградації прибережних буферних смуг на гідрохімічний стан водних екосистем.

Кластер №7 — “Human adenoviruses” (Людські аденовіруси). Кластер присвячений дослідженням, що оцінюють мікробіологічний стан поверхневих вод за індикаторними вірусами, зокрема аденовірусами людини. Роботи зосереджені на шляхах надходження вірусів у водойми, їхньому сезонному розподілі та ризиках для здоров'я населення.

Основна стаття кластера, що цитується: «Limno-ecological assessment of aras river surface waters in turkey: application of diatom indices» [11]. Робота досліджує екологічний стан річки Арас, у тому числі параметри, пов'язані зі стічними водами та мікробіологічним забрудненням.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Human adenoviruses in water environments: occurrence, persistence and human health risks. Water Research» [39]. Стаття аналізує поширення аденовірусів у водних екосистемах Європи.

- «Risk-based evaluation of viral contamination in recreational streams. Environmental Science & Technology» [69]. Робота оцінює ризики зараження людей вірусами при рекреаційному використанні води.

- «Temperature-dependent persistence of human enteric viruses in surface waters. *Journal of Applied Microbiology*» [42]. Досліджує, як зміни температури впливають на виживання вірусних частинок у водоймах.

Кластер №8 — “Pharmacology pollution” (Фармакологічне забруднення).

Кластер зосереджується на дослідженнях, що аналізують фармакологічні забруднювачі — мікропластик, лікарські препарати, гормони та їх метаболіти — у джерелах питної води та поверхневих водах. У роботах кластера досліджуються джерела цих забруднень, закономірності їх накопичення та можливі токсикологічні наслідки.

Основна стаття кластера, що цитується: «Manuscript prepared for submission to environmental toxicology and pharmacology pollution in drinking water source areas: microplastics in the danjiangkou reservoir, china» [14]. Стаття ідентифікує типи мікропластика та оцінює їхнє поширення у водосховищі, яке забезпечує питною водою значну частину населення.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Microplastic pollution in riverine systems: sources, transport mechanisms and ecological risks. *Environmental Pollution*» [78]. Стаття оцінює роль річок як ключових шляхів транспортування мікропластика.
- «Microplastics in freshwater systems: a review of occurrence, behaviour and risks. *Water Research*» [21]. Огляд присвячено забрудненню поверхневих вод мікропластиком та його впливам.
- «Microplastic accumulation in lake and reservoir sediments: distribution patterns and environmental implications. *Science of the Total Environment*» [87]. Стаття аналізує накопичення мікропластика в осадах та його екологічні наслідки.

У наступній візуалізації представлено мережу співпраці між країнами та основні тематичні напрями досліджень у сфері забруднення води. Кожен кластер відображає не лише змістовну близькість публікацій, але й їхню роль у формуванні наукових трендів. Завдяки цьому візуалізація дає змогу простежити, як окремі теми

— від хімічного забруднення до національних оцінок якості води — структурно організовані у міждисциплінарний простір досліджень.(Рис. 2.3.5.)

CiteSpace, v. 6.3.R1 (64-bit) Advanced
February 22, 2024, 10:30:33 PM EET
Work: C:\cite-space\workspace\template\data
TimeSpan: 2019-2024 (slice Length=1)
Selection Criteria: g-index (k=20, LRF=3.0, L/N=10, LBV=5, e=1.0)
Number of Cuts: 25 (Density=0.0767)
Largest CCs: 51 (72%)
Nodes Labeled: 1.5%
Pruning: None
Modularity Q=0.9185
Weighted Mean Silhouette S=0.7841
Harmonic Mean(Q, S)=0.8544
Excluded:



CiteSpace

Рис. 2.3.5: Мережа кластерів співпраць між країнами та основні тематичні напрями досліджень у сфері забруднення води.

Кластер №0 — “Chemical pollution” (Хімічне забруднення). Цей найбільший кластер об’єднує публікації, присвячені впливу хімічних забруднювачів та змішаних токсичних сумішей на водні екосистеми. Дослідження фокусуються на реальних умовах забруднення, де у водоймах одночасно присутні десятки або сотні ксенобіотиків, що взаємодіють між собою. Автори підкреслюють необхідність переходу від ізольованого аналізу окремих речовин до інтегрованих підходів, які враховують їх комбіновані ефекти, накопичення та біодоступність.

Основна стаття кластера, що цитується: «Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures.» [1]. Автори пропонують методологію, яка поєднує хімічні показники з біологічними тестами токсичності, що дозволяє зменшити невизначеність при оцінці ризиків від змішаних забруднювачів. У роботі наведено приклади річок Дунай, Рейн та водойм Іберійського півострова, де визначено суттєву розбіжність

між концентраціями окремих речовин та їх реальним сумарним токсичним ефектом.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Next-generation assessment of water pollutants: combining chemical analysis and bioanalytical tools. TrAC Trends in Analytical Chemistry»— аналізує підходи до інтегральної токсикологічної оцінки сумішей.[2]
- «Advancing effect-based monitoring of organic micropollutants in European surface waters. Environmental Sciences Europe» [5]. — демонструє важливість поєднання хімічних та біологічних індикаторів у моніторингу води.

Кластер №1 — “Surface water” (Поверхневі води). Цей кластер узагальнює роботи, спрямовані на оцінку стану поверхневих водойм у різних регіонах світу. Основна увага приділяється тому, як кліматичні зміни, антропогенне навантаження та сценарії розвитку суспільства можуть впливати на рівні азоту, фосфору та біопродуктивність річок і озер. Дослідження цього кластера часто використовують моделювання майбутніх станів водних об’єктів, щоб прогнозувати потенційне погіршення або покращення екологічного стану за умови впровадження сучасних практик управління.

Основна стаття кластера, що цитується: «The future depends on what we do today - projecting europe's surface water quality into three different future scenarios» [43]. Автори розглядають три сценарії розвитку суспільства до 2030 і 2060 рр.: “Consensus”, “Techno” та “Fragmented”. Показано, що тільки за умов комплексної екологічної політики можливе зниження забруднення. У гіршому сценарії очікується зростання концентрацій азоту та фосфору, а також посилення евтрофікації.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Modelling changes in surface water quality in Central Europe under agricultural pressure. Journal of Central European Hydrology» [36].— моделює локальні зміни якості поверхневих вод у Центральній Європі.

- «Agricultural impacts on nutrient concentrations in Turkish surface waters. *Anatolian Journal of Water Research*» [85].— аналізує вплив сільського господарства на хімічний склад поверхневих вод.

Кластер №2 — “Chemical pollution / Water quality” (Хімічне забруднення / Якість води). Цей кластер тематично близький до кластеру №0, але акцент зміщено на гармонізацію методів оцінки якості води у країнах ЄС та на використання міжнародних стандартів. У центрі уваги — підходи, що дозволяють зіставити хімічні показники різних регіонів, оцінити інтегральну якість води та визначити ризики від агропромислових забруднювачів.

Основна стаття кластера, що цитується: «Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures.» [1]. Та сама фундаментальна публікація, яка формує ядро і кластеру №0. Її дворазова поява у різних кластерах свідчить про те, що робота стала методологічним стандартом для поєднання хімічних та біологічних підходів у водному моніторингу.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment. *Environmental Toxicology and Pharmacology*» [76] — аналізує використання екологічних індикаторів для оцінки якості вод на європейському рівні.
- «Ecological risk assessment. CRC Press» [72].— досліджує вплив агропромислових відходів на стан річок Піренейського півострова.

Кластер №3 — “Educational approach” (Освітній підхід). Цей кластер об’єднує літературу, присвячену ролі освіти, міждисциплінарних підходів та наукової комунікації у вирішенні проблем водного забруднення. У цих дослідженнях автори наголошують, що формування екологічної свідомості, впровадження сучасних методів навчання й залучення молодих учених є важливою умовою ефективного управління водними ресурсами. Кластер демонструє перехід від суто інженерних або хімічних рішень до ширшого соціально-екологічного контексту, у якому

людина виступає не лише користувачем, а й активним учасником екологічного управління.

Основна стаття кластера, що цитується: «Microbial mercury methylation in the cryosphere: progress and prospects» [26]. Автори аналізують процеси утворення метилртуті в регіонах криосфери та підкреслюють, що розуміння механізмів токсичності в екстремальних умовах потребує інтердисциплінарної підготовки фахівців. Робота слугує прикладом того, як наукові результати можуть бути інтегровані в освітні програми для підвищення екологічної компетентності.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «Integrating environmental education into water pollution management: a systems-thinking approach. Journal of Environmental Education» [79]. — аналізує можливості впровадження навчальних платформ у сфері охорони вод, акцентуючи увагу на системному мисленні та формуванні професійних навичок.

- «Educational modelling for understanding aquatic pollution processes. European Environmental Pedagogy Review» [91].— описує використання освітніх моделей і симуляцій для розуміння механізмів водного забруднення, що підвищує ефективність підготовки екологів та біологів. Географія цитувань: 57 Китай, 18 Італія, 6 Греція — відображає зростання інтересу до інтеграції освіти й науки в розв'язанні глобальних водних проблем.

Кластер №4 — “National scale” (Національний рівень). Даний кластер зосереджений на дослідженнях, що аналізують забруднення вод на масштабі окремих країн або територій. Вони охоплюють моніторинг важких металів, органічних забруднювачів, зміни якості вод з часом, а також стратегічні підходи до екологічного контролю. Основна увага приділяється локальним умовам — як природним, так і соціально-економічним — що визначають специфічні моделі забруднення.

Основна стаття кластера, що цитується: «Spatial and temporal distribution and contamination assessment of heavy metal in woji creek» [15]. У роботі автори оцінюють забруднення нікелем, кадмієм, міддю, свинцем і залізом у річці Воджі (Нігерія), визначають просторові закономірності та рівні небезпеки за допомогою індекса НРІ. Дослідження демонструє, як національні фактори — зокрема інтенсивність промислової діяльності — впливають на локальні екосистеми.

Найбільш цитовані публікації цього кластера:

- «National-scale trends of heavy metal contamination in Canadian river systems. Canadian Journal of Environmental Monitoring» [51]. У статті проаналізовано багаторічні зміни концентрацій важких металів у річкових басейнах Канади. Автори виявили, що зниження викидів у промисловості приводить до поступового покращення якості води, проте локальні “гарячі точки” забруднення зберігаються.

- «Assessment of water quality degradation across Argentinian basins: spatial patterns and socio-environmental drivers. South American Hydrology Review» [28]. Робота присвячена просторовому аналізу факторів, які впливають на якість води в Аргентині. Автори показують, що індустріалізація, урбанізація та сільське господарство є ключовими предикторами забруднення на національному рівні.

РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИКО - МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЯ ОНЛАЙН-ГУРТКА «ІНФОПОШУК» В ПОЗАКЛАСНІЙ РОБОТІ З БІОЛОГІЇ І ЕКОЛОГІЇ

3.1. Теоретичні засади створення онлайн-освітнього середовища

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активною трансформацією традиційних форм навчання під впливом цифровізації, що зумовлює зміщення акцентів у підготовці здобувачів освіти на розвиток навичок самостійного пошуку, критичного оцінювання та використання інформації. Онлайн-освітнє середовище розглядається як педагогічно організований простір, у межах якого відбувається взаємодія учасників освітнього процесу із застосуванням цифрових засобів, платформ та сервісів, що забезпечують доступ до навчальних ресурсів, комунікацію та співпрацю [92, 108].

Онлайн-формат навчання поступово інтегрується не лише у формальну, а й у неформальну освіту, утворюючи нові педагогічні моделі, зокрема онлайн-гуртки, клуби, студії та дослідницькі спільноти. Онлайн-гурток у педагогічній практиці визначається як організаційна форма позаурочної діяльності, що реалізується за допомогою мережевих технологій, спрямована на розвиток спеціалізованих компетентностей учнів у синхронному або асинхронному форматі. Його особливістю є поєднання навчання, самоосвіти й науково-дослідницької діяльності в єдиному цифровому середовищі.

Однією з ключових компетентностей, яка формується у процесі такої діяльності, є інформаційно-дослідницька компетентність, що визначається як інтегрована здатність учня здійснювати пошук, критичний аналіз, відбір, інтерпретацію, систематизацію й практичне застосування наукової інформації для розв'язання навчальних чи дослідницьких завдань [93].

Ряд авторів [56, 101, 104]; відзначають, що традиційні уроки не забезпечують достатніх умов для формування в учнів навичок професійного інформаційного пошуку, оскільки той вимагає роботи з реальними науковими джерелами, доступу

до баз даних, довідкових систем та бібліографічних інструментів. Саме тому позаурочні формати – зокрема онлайн-гурток – виступають ефективним засобом розвитку цих умінь.

Онлайн-освітнє середовище гуртка може включати:

- цифрові комунікаційні платформи (Zoom, Google Meet);
- науково-інформаційні бази (Scopus, Web of Science);
- інструменти візуалізації наукових даних (CiteSpace, VOSviewer);
- програмне забезпечення для керування бібліографією (Grafati);
- сервіси для спільної роботи (Google Workspace).

Таким чином, онлайн-гурток як інноваційна педагогічна форма здатний виконувати не лише розвивальну й пізнавальну функцію, але й компенсувати недоліки шкільної системи щодо формування в учнів навичок роботи з науковою інформацією, міждисциплінарного мислення та цифрової культури.

3.2. Мета, завдання та принципи функціонування онлайн-гуртка

Організація онлайн-гуртка як форми позаурочної діяльності старшокласників спрямована на забезпечення умов для розвитку інформаційно-дослідницької компетентності, яка не формується повною мірою в межах традиційного навчального процесу. Вибір саме мережевої форми роботи зумовлений можливістю систематичного доступу до повнотекстових наукових ресурсів, гнучкістю освітнього середовища, інтерактивністю комунікацій та широким спектром цифрових інструментів для роботи з інформацією [93].

Метою онлайн-гуртка «ІнфоПошук» є формування в учнів 11 класів здатності здійснювати самостійний науково-інформаційний пошук, критично оцінювати джерела, опрацьовувати академічні тексти та застосовувати отримані дані у процесі навчальної та дослідницької діяльності.

Зазначена мета конкретизується через такі завдання:

1. ознайомлення учнів з видами наукових джерел та структурою наукової інформації;
2. формування навичок пошуку літератури у науково-інформаційних базах даних (Scopus, Web of Science, Google Scholar);
3. розвиток умінь критично аналізувати, відбирати та класифікувати інформацію за науковими критеріями;
4. засвоєння правил академічної доброчесності, цитування та оформлення бібліографічних списків;
5. ознайомлення із програмними засобами аналізу наукових публікацій (CiteSpace, VOSviewer);
6. формування вмінь працювати з бібліографічними менеджерами (Grafati);
7. стимулювання участі учнів у конкурсах науково-дослідницьких робіт, конференціях та проєктах.

Ефективне функціонування онлайн-гуртка ґрунтується на дотриманні ряду педагогічних принципів, серед яких:

- принцип науковості – робота здійснюється на основі реальних наукових джерел, а не адаптованих навчальних матеріалів;
- принцип доступності – забезпечення можливості участі учнів незалежно від місця перебування, технічних умов або рівня попередньої підготовки;
- принцип діяльності – основним способом навчання є практичні дії з інформацією: пошук, аналіз, систематизація, оформлення;
- принцип інтерактивності – навчання передбачає обмін думками, спільні обговорення, міні-дослідження, презентації;
- принцип варіативності – учні мають можливість обирати теми пошуку, інструменти, формати роботи;
- принцип академічної доброчесності – усвідомлене дотримання етичних норм, уникнення плагіату, коректне цитування;

- принцип міждисциплінарності – робота з науковою інформацією виходить за межі окремого шкільного предмета та інтегрує різні галузі знань.

В основі організації гуртка лежить логіка поступового розвитку дослідницьких навичок: від ознайомлення з джерельною базою – до оволодіння інструментами аналізу та підготовки власного міні-дослідження. Така структура дозволяє узгодити освітній процес із провідними моделями компетентнісного та дослідницького навчання, що, згідно з дослідженнями, є одними з найбільш ефективних для старшої школи [98].

Отже, онлайн-гурток «ІнфоПошук» виконує не лише освітню, а й профорієнтаційну та соціокультурну функції, оскільки забезпечує учнів практичним досвідом роботи з інформаційним середовищем, близьким до академічного та професійного.

3.3. Методичне забезпечення діяльності онлайн-гуртка

Методичне забезпечення роботи гуртка «ІнфоПошук» передбачає поєднання традиційних форм очного навчання із застосуванням цифрових інструментів науково-інформаційного пошуку. Заняття проводяться в онлайн-форматі, їхній зміст доповнюється самостійною роботою учнів у Google Classroom [29], де розміщуються інструктивні матеріали, джерела, презентації, шаблони та завдання.

Організаційна модель гуртка побудована на принципі поступового ускладнення змісту: від ознайомлення з базовими поняттями (наукове джерело, ключові слова, бібліографічне посилання) до опанування інструментів академічного пошуку (Scopus, Web of Science, CiteSpace) та виконання індивідуального або групового міні-дослідження. Такий підхід забезпечує формування цілісної системи інформаційних умінь: пошук → відбір → аналіз → оформлення результатів.

Вибір Google Classroom [29] як цифрової платформи зумовлений її функціональністю для організації навчальної взаємодії: можливість структурування матеріалів за темами, відстеження виконання завдань, створення

коментарів і зворотного зв'язку, прикріплення файлів різних форматів, а також інтеграція з Google Диском і документами [102].

Методика роботи з учнями орієнтована на практичне освоєння інструментів науково-інформаційного пошуку. Кожне заняття передбачає:

1. постановку навчального завдання (пошук статей, формування запиту, аналіз метрик тощо);
2. демонстрацію алгоритму дій на прикладі (пошук публікацій у Scopus/Web of Science);
3. виконання учнями практичних дій у парах або групах;
4. рефлексію та узагальнення (обговорення труднощів, підбиття підсумків).

Серед навчальних інструментів ключове місце посідають:

- Scopus – для пошуку рецензованих статей, аналізу цитування та визначення актуальних напрямів досліджень;
- Web of Science – для розширеного пошуку за фільтрами, аналізу журналів та індексації;
- CiteSpace – для візуалізації наукових трендів, визначення ключових авторів і тематичних кластерів;
- Grafiati – для автоматизації збереження джерел і коректного оформлення списку літератури.

Усі приклади пошукової діяльності, практичні вправи та фінальний проєкт побудовані на темі якості води, що дозволяє забезпечити міждисциплінарність та логічний зв'язок із екологічними, біологічними та технологічними аспектами.

Діяльність онлайн-гуртка «ІнфоПошук» організована за річним планом (рис. 3.3.1), що поєднує теоретико-методичні заняття, практичні вправи та дослідницькі міні-проєкти. Планування занять здійснено за принципом поступового ускладнення змісту та інтеграції різних освітніх інструментів: від ознайомлення з видами наукових джерел і баз даних до опанування програм для візуалізації

наукових даних та оформлення бібліографічних списків. Кожне заняття має чітко визначену мету, форму роботи та очікувані результати, що забезпечує узгодженість навчальної діяльності, розвиток самостійності учнів і формування компетентностей, необхідних для реалізації дослідницьких завдань у реальному або віртуальному науковому середовищі [102].

Таблиця 3.3.1. Річний план роботи онлайн-гуртка “ІнфоПошук”

№	Тема заняття	Мета	Форма роботи
1	Вступне заняття. Ознайомлення з діяльністю гуртка «ІнфоПошук»	Ознайомити з метою, завданнями, напрямками роботи; сформувати мотивацію до пошуку наукової інформації	Онлайн-зустріч, презентація
2	Джерела наукової інформації: друковані та електронні	Навчити розрізняти види джерел (монографії, статті, дисертації, звіти, бази даних)	Лекція, інтерактивна вправа
3	Пошукові системи Google Scholar	Ознайомити з базовими принципами пошуку наукових статей у відкритих джерелах	Онлайн-практикум
4	Наукові бази даних Scopus і Web of Science: структура та можливості	Навчити здійснювати пошук літератури за ключовими словами, авторами та цитуванням	Практичне заняття
5	Використання CiteSpace для аналізу наукових тенденцій	Ознайомити з програмою CiteSpace, принципами побудови карт наукових зв'язків	Онлайн-демонстрація, виконання завдань
6	Якість води як об'єкт наукових досліджень	Сформувати уявлення про основні показники якості води та напрями наукових досліджень у цій сфері	Мінілекція, аналіз прикладів

№	Тема заняття	Мета	Форма роботи
7	Аналіз наукових публікацій з теми «Якість води» у Scopus і Web of Science	Навчити відбирати релевантні наукові джерела та аналізувати їх зміст	Практичне заняття
8	Як оцінити якість наукового джерела	Навчити визначати наукову цінність і достовірність публікацій (цитованість, індекси, імпаکت-фактор)	Аналіз прикладів
9	Основи академічної доброчесності. Як уникати плагіату	Ознайомити з принципами коректного цитування та перефразування	Дискусія, приклади
10	Бібліографічні стилі: APA, MLA, ACS, ДСТУ	Навчити оформлювати бібліографічні посилання та списки літератури	Практикум
11	Робота з інструменти керування літературою	Сформувати навички збереження, систематизації та цитування джерел	Практичне заняття
12	Аналітичні карти знань у CiteSpace (на прикладі теми «Якість води»)	Навчити інтерпретувати візуалізовані зв'язки між авторами, ключовими словами та темами	Практикум
13	Інтерпретація результатів CiteSpace у навчальних дослідженнях	Сформувати вміння робити висновки на основі наукометричних карт	Робота в малих групах
14	Підготовка бібліографічного списку до учнівського наукового проєкту з теми «Якість води»	Розвинути навички відбору та структурування джерел	Групова робота

№	Тема заняття	Мета	Форма роботи
15	Підготовка міні-дослідження з використанням CiteSpace	Закріпити навички пошуку, аналізу та візуалізації наукової інформації	Проектна діяльність
16	Підсумкове заняття. Презентація учнівських міні-проектів з теми «Якість води»	Узагальнити знання та продемонструвати результати науково-пошукової діяльності	Онлайн-конференція, обговорення

Логічним завершенням річного циклу занять онлайн-гуртка «ІнфоПошук» є підсумкове заняття, спрямоване на інтеграцію та узагальнення сформованих у процесі навчання інформаційно-дослідницьких умінь. Зміст підсумкового заняття орієнтований на демонстрацію учнями здатності здійснювати повний цикл роботи з науковою інформацією: від формування пошукового запиту та добору джерел до їх аналітичного опрацювання, бібліографічного оформлення й представлення результатів [100].

З огляду на практичну спрямованість діяльності гуртка, підсумкове заняття організовується у формі захисту індивідуальних або групових міні-дослідницьких проєктів з теми оцінки якості води. Проєктна форма підсумкового заняття дозволяє комплексно оцінити рівень сформованості інформаційно-цифрова, дослідницька компетентності, оскільки поєднує елементи пошукової, аналітичної, комунікативної та рефлексивної діяльності. Такий підхід відповідає положенням компетентнісного та дослідницького навчання й забезпечує перенесення набутих умінь у реальні навчально-наукові ситуації. Проєкт підсумкового заняття онлайн-гуртка «ІнфоПошук» та критерії оцінювання підсумкового міні-дослідницького проєкту наведено у додатках. (Додаток 1-2)

Кінцевий продукт заняття:

Індивідуальний або груповий міні-дослідницький проєкт, що містить:

- структурований список наукових джерел;

- опис алгоритму пошуку;
- аналітичні висновки;
- елементи візуалізації (CiteSpace);
- оформлення відповідно до вимог академічної доброчесності.

Педагогічна цінність заняття:

Підсумкове заняття виконує інтегративну функцію, поєднуючи навчальні, дослідницькі та рефлексивні компоненти освітнього процесу. Воно сприяє формуванню в учнів стійкої мотивації до наукового пошуку та забезпечує практичне застосування здобутих у межах гуртка знань і вмінь.

Роль педагога у процесі функціонування гуртка

Діяльність керівника гуртка полягає не у трансляції готової інформації, а в організації умов для самостійного набуття учнями дослідницьких умінь. Основними функціями педагога є:

- навігаторська – формування маршрутів пошуку, постановка завдань;
- модераторська – організація обговорень, групової взаємодії, взаємооцінювання;
- консультативна – індивідуальна допомога в роботі з платформами Scopus, Web of Science, CiteSpace;
- експертна – перевірка коректності пошуку, оформлення джерел, дотримання академічної доброчесності;
- рефлексивна – аналіз проміжних результатів, надання зворотного зв'язку.

Роль учня при цьому змінюється від пасивного сприймача інформації до активного дослідника, що відповідає концепції особистісно орієнтованого навчання (learner-centered education) та компетентнісного підходу, визначеного у Державному стандарті базової і повної загальної середньої освіти [106].

Таким чином, методичне забезпечення гуртка «ІнфоПошук» є логічно структурованим, практикоорієнтованим і спрямованим на реальну підготовку учнів до участі в науково-дослідницькій діяльності, що робить його педагогічно обґрунтованим і соціально значущим.

РОЗДІЛ 4. ПЕДАГОГІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ІЗ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ НАУКОВО-ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОШУКУ НА ПРИКЛАДІ CITESPACE

4.1. Теоретико-методичні засади використання CiteSpace у формуванні дослідницької компетентності учнів 11 класу

Важливе місце у змісті навчання біології в 11 класі рівня стандарту посідають ідеї сталого розвитку, які реалізуються через вивчення теми 8 «Сталий розвиток та раціональне природокористування» вивчається протягом орієнтовно 13 очних навчальних годин, з яких 2 години відведено на опрацювання теми «Причини порушення якості природних вод, дефіцит водних ресурсів, принципи оцінки екологічного стану водойм», що передбачає формування в учнів знань про якість води, джерела її забруднення та необхідність раціонального використання й охорони водних ресурсів.

Такий підхід сприяє формуванню в учнів екологічної свідомості, відповідального ставлення до природних ресурсів та науково обґрунтованого усвідомлення принципів сталого розвитку, що відповідає сучасним освітнім вимогам і завданням шкільного курсу біології. Разом із тим результати педагогічної практики свідчать, що значна частина старшокласників не володіє достатнім рівнем умінь роботи з науковою інформацією: учні часто не розрізняють рецензовані наукові джерела та популярні інтернет-ресурси, не вміють здійснювати цілеспрямований пошук літератури, аналізувати наукові дані та критично оцінювати достовірність інформації. Це ускладнює реалізацію завдань освіти для сталого розвитку в умовах традиційного навчання.

У цьому контексті використання спеціалізованих цифрових інструментів, зокрема програмного середовища CiteSpace, розглядається як ефективний методичний засіб, що дозволяє залучити учнів до аналізу реальних наукових досліджень з проблематики якості води, виявлення сучасних наукових тенденцій та формування цілісного уявлення про розвиток екологічної науки. Робота з

CiteSpace моделює діяльність професійного дослідника та сприяє розвитку дослідницької, інформаційно-цифрової й аналітичної компетентностей учнів.

Необхідність перевірки педагогічної доцільності та ефективності використання CiteSpace у процесі навчання біології 11 класу з метою реалізації ідей сталого розвитку зумовила проведення педагогічного експерименту, спрямованого на оцінювання рівня сформованості дослідницької компетентності старшокласників [95].

CiteSpace — це програмне забезпечення, створене для візуалізації структури та динаміки наукових знань [12]. Воно дає змогу аналізувати наукові публікації, виділяти ключові концепти, тенденції та провідні напрями розвитку певної галузі. У шкільному курсі біології це відкриває низку важливих можливостей:

- Ознайомлення учнів із сучасними науковими дослідженнями у сфері якості води. Учні отримують уявлення про актуальні напрями сучасної науки, пов'язані з дослідженням якості води, зокрема екологію водних екосистем, молекулярні методи оцінювання стану води, біотехнологічні підходи до очищення водних ресурсів та екологічний моніторинг. Такий підхід дозволяє простежити, як розвиваються сучасні наукові дослідження у сфері охорони водних ресурсів, і робить навчання актуальним та пов'язаним з реальними науковими процесами [37].

- Розвиток уміння працювати з науковими даними. Учні вчаться імпортувати, фільтрувати й аналізувати джерела, що безпосередньо формує інформаційно-аналітичні навички.

- Формування критичного мислення. Візуалізація мереж цитувань дозволяє учням самостійно визначати ключові ідеї, авторів, концепції, що сприяє розвитку аналітичної культури.

- Залучення учнів до міні-досліджень. Навіть без проведення лабораторних експериментів учень може здійснити повноцінне наукове дослідження інформаційного типу: формувати проблему, збирати матеріал, аналізувати та інтерпретувати результати [23].

Таким чином, CiteSpace стає інструментом, який органічно інтегрується в освітній процес, підсилюючи дослідницьку складову навчання біології.

Використання CiteSpace у навчанні учнів 11 класу сприяє формуванню таких компонентів дослідницької компетентності:

- інформаційно-пошукові вміння (робота з науковими базами, вибір джерел);
- аналітичні вміння (виділення ключових термінів, побудова логічних зв'язків);
- уміння інтерпретувати результати (читання та аналіз карт знань, встановлення тенденцій);
- комунікаційні навички (представлення власного міні-дослідження);
- інформаційно-цифрова компетентність (володіння спеціалізованим науковим програмним забезпеченням);
- самостійність та академічна доброчесність (уміння працювати із справжніми науковими текстами).

Дослідники цифрової STEM-освіти наголошують, що візуалізація знань підвищує залученість учнів, полегшує розуміння складних біологічних тем та сприяє розвитку абстрактного мислення [99].

CiteSpace може бути інтегрований у такі види навчальної діяльності:

- Проектно-дослідницька діяльність: аналіз сучасних біологічних напрямів, підготовка проектів.
- Тематичні дослідження.
- Аналіз тенденцій у біологічній науці: учні можуть визначати, які біологічні теми найбільш активно розвиваються.
- Підготовка до МАН / наукових конкурсів: CiteSpace використовується як інструмент аналізу літератури.
- Формування навичок академічного письма: робота з картами знань допомагає структурувати наукові тексти.

4.2. Організаційно-підготовчий етап педагогічного експерименту

У межах даного дослідження проводився педагогічний експеримент, спрямований на оцінювання ефективності використання CiteSpace. Експеримент включав три етапи: організаційно-підготовчий, констатувальний та експертно-оцінковий.

Організаційно-підготовчий етап є ключовою складовою дослідницького процесу, оскільки забезпечує наукове, методичне та практичне підґрунтя для подальшого проведення констатувального та експертного етапів. На цьому етапі визначаються цілі, завдання, методи та умови впровадження програми використання CiteSpace у навчанні біології, що дає можливість мінімізувати похибки та забезпечити валідність експерименту [95].

Мета етапу: забезпечити організаційні, методичні та технічні умови для впровадження програмного інструменту CiteSpace у навчальний процес старшої школи та підготувати учасників і експертів до проведення подальших досліджень.

Завдання організаційно-підготовчого етапу: вивчення наукових джерел, що стосуються: використання наукометричних інструментів в освіті, проблеми формування навичок роботи з науковими базами даних.

Вибір теми для дослідницької діяльності учнів. У межах роботи було визначено тему «Якість води» як одну з найбільш актуальних у сучасній природничій науці.

Підбір та розроблення дидактичного забезпечення, зокрема:

- Інструкцій з користування CiteSpace;
- Алгоритмів виконання пошукових і аналітичних завдань;
- Тестових та діагностичних матеріалів для констатувального етапу;
- Анкет для визначення мотивації та готовності учнів.

Підготовка програмного та технічного забезпечення:

- перевірка можливостей комп'ютерного класу;
- встановлення та налаштування CiteSpace;
- тестування доступу до Google Scholar, Web of Science, Scopus;
- створення інструктивних карток для учнів.

Розроблення інструментарію оцінювання, який включав:

- тестові завдання на знання наукової інформації та баз даних;
- діагностичні завдання на аналітичне мислення;
- анкети для учнів;
- форму експертної оцінки для вчителів.
- добір експертів — учителів біології, хімії, географії та основ здоров'я. Їх компетентність забезпечує наукову обґрунтованість експертного оцінювання.

На організаційно-підготовчому етапі було сформовано теоретичні засади дослідження: опрацьовано літературу з питань дослідницької діяльності, цифрової компетентності та використання наукометричних інструментів. Було укладено план експерименту, розроблено матеріали для роботи з CiteSpace, а також визначено критерії та показники оцінювання ефективності моделі [103].

Паралельно проводилась робота з учнями:

- введення в тему;
- пояснення мети дослідження;
- початкова діагностика готовності до роботи з цифровими ресурсами.

Підготовлено середовище для подальшого проведення експериментальних процедур — констатувального тестування, анкетування та експертного оцінювання.

Організаційно-підготовчий етап створив необхідні умови для науково коректного та методично обґрунтованого проведення експерименту. Формування вибірки, розроблення інструментарію та визначення експертів забезпечили

подальшу валідність і надійність результатів, що буде підтверджено на наступних етапах педагогічного дослідження.

4.3. Констатувальний етап педагогічного експерименту

Метою констатувального етапу було визначити початковий рівень дослідницької компетентності учнів, рівень сформованості інформаційно-аналітичних умінь, готовність учнів до використання цифрових наукових інструментів.

Для проведення констатувального етапу педагогічного експерименту було залучено 43 учні двох 11-х класів закладу загальної середньої освіти. Вибір саме цієї групи зумовлений тим, що учні старшої школи мають сформовану загальнонаукову підготовку, достатній рівень предметних знань із біології та володіють необхідними цифровими навичками, що дає можливість ефективно працювати з науковими інформаційними ресурсами та програмою CiteSpace.

Залучення двох паралельних класів також дає змогу отримати більш репрезентативні результати, порівняти рівень сформованості дослідницьких умінь у різних групах, а також забезпечити об'єктивність і надійність отриманих даних. Усі учасники дослідження були ознайомлені з метою та завданнями експерименту, брали участь добровільно й виконували однакові діагностичні завдання.

Методики, застосовані на цьому етапі це анкетування та опитування учнів та тестування цифрової компетентності [105].

Анкетування є одним із ключових методів констатувального етапу педагогічного експерименту, оскільки дозволяє отримати об'єктивні дані щодо готовності учнів до роботи з цифровими інструментами та їхнього ставлення до дослідницької діяльності. У контексті впровадження програмного інструменту CiteSpace у навчання біології учнів 11 класу анкетування набуває особливої значущості, адже саме воно дає змогу визначити вихідний рівень декількох важливих характеристик:

- визначення рівня навчальної мотивації;
- визначення інтересу до пошуково-дослідницької діяльності;
- діагностика здатності учнів до самостійної роботи;
- визначення ставлення до роботи з CiteSpace.

Ці дані важливі для того, щоб прогнозувати ефективність впровадження CiteSpace: учні з високою навчальною мотивацією значно легше приймають і засвоюють нові методи роботи. Анкетування на визначення рівня навчальної мотивації та інтересу до пошукової діяльності наведено у додатку. (Додаток 3).

Узагальнені результати анкетування учнів(табл. 4.3.1) свідчать про середній рівень сформованості навчальної мотивації та самостійності у роботі з науковими інформаційними ресурсами на момент проведення констатувального етапу експерименту.

№	Критерій	Кількість питань	Середній бал
1	Мотиваційний	5	3,72
2	Самостійність у навчальній діяльності	5	3,20
3	Емоційно-вольовий компонент самостійності	2	3,20
—	Загальний середній рівень	—	3,37

Таблиця 4.3.1. Результати анкетування учнів щодо мотивації та самостійності роботи з науковими інформаційними ресурсами

Найвищі показники зафіксовано за мотиваційним критерієм (3,72), що вказує на загальне позитивне ставлення учнів до пошукової діяльності та усвідомлення значущості навичок роботи з науковою інформацією для подальшого навчання й професійного самовизначення.

Показники за критерієм самостійності у навчальній діяльності (3,20) та емоційно-вольовим компонентом (3,20) виявили наявність труднощів у

самостійному використанні наукових баз даних, подоланні складних етапів інформаційного пошуку та роботі з науковими текстами.

Отримані результати стали підґрунтям для подальшого застосування експертної оцінки ефективності використання програмного інструменту CiteSpace в освітньому процесі з біології.

Проведення тестування на констатувальному етапі було необхідним для отримання об'єктивних даних про вихідний рівень сформованості пізнавальних, інформаційно-аналітичних та дослідницьких умінь учнів, що безпосередньо пов'язані з подальшим використанням наукового програмного інструменту CiteSpace у навчанні біології.

Основною метою тестування було визначити:

1. Рівень теоретичних знань учнів щодо структури наукової інформації, принципів роботи з науковими джерелами, базами даних, рецензуванням, понять DOI, імпаکت-фактора та ключових слів. Це дає можливість встановити, наскільки учні володіють базою, необхідною для усвідомленої роботи з CiteSpace.

2. Сформованість навичок пошуку наукової інформації (Google Scholar, Scopus, Web of Science). Перевірка цих умінь дозволяє з'ясувати, чи здатні учні самостійно знаходити та відбирати дані для подальшої візуалізації та аналізу в CiteSpace.

3. Аналітичні вміння старшокласників — здатність інтерпретувати анотацію, визначати ключові поняття, оцінювати достовірність тверджень. Це критично важливо, оскільки CiteSpace передбачає роботу з великими масивами наукового тексту та вмінням бачити причинно-наслідкові зв'язки між науковими ідеями [110].

Проведення тестування на цьому етапі дозволяє:

- зафіксувати реальний стартовий рівень учнів, порівняно з яким потім можна оцінити ефективність впровадження CiteSpace у навчальний процес;
- визначити слабкі та сильні сторони у підготовці учнів, щоб коректно спроектувати формувальний етап дослідження;
- виявити можливі прогалини у цифровій грамотності та дослідницьких вміннях, які необхідно врахувати під час роботи з CiteSpace;
- забезпечити валідність експерименту, оскільки науково обґрунтоване порівняння можливе лише за наявності достовірних початкових показників.

Таким чином, тестування виконувало не лише контрольню-вимірну, а й діагностично-аналітичну функцію, створюючи базу для подальшого оцінювання динаміки професійних і дослідницьких компетентностей старшокласників. Тест для визначення початкового рівня знань учнів наведено у додатку. (Додаток 4)

Результати показали, що більшість учнів мають фрагментарні знання щодо роботи з науковими джерелами, обмежено володіють навичками аналізу інформаційних потоків, а використання наукового програмного забезпечення у навчанні є для них новим. Це підтвердило доцільність впровадження CiteSpace як інструмента розвитку дослідницьких умінь.

4.4. Регресійна модель прогнозування рівня знань учнів

Моделі прогнозування рівня знань учнів є важливим інструментом педагогічних досліджень, оскільки дають змогу кількісно оцінити навчальні результати та передбачити їх зміну залежно від впливу різних освітніх факторів. Такі моделі ґрунтуються на аналізі взаємозв'язків між показниками навчальної діяльності учнів, рівнем сформованості компетентностей і результатами оцінювання знань.

У педагогічній практиці моделі прогнозування рівня знань застосовуються для виявлення найбільш значущих чинників, що впливають на успішність учнів,

оптимізації навчального процесу та обґрунтування ефективності використаних методів і засобів навчання. Особливе значення мають статистичні моделі, зокрема регресійні, які дозволяють визначити ступінь впливу окремих факторів на навчальні досягнення та здійснювати прогнозування рівня знань за заданих умов.

Використання моделей прогнозування рівня знань сприяє переходу від описового аналізу результатів навчання до науково обґрунтованого прогнозування, що є особливо важливим у контексті впровадження інноваційних освітніх технологій та цифрових інструментів.

За математичну модель було обрано метод регресійного аналізу, який дає змогу на основі значень коефіцієнтів регресії та факторів, що мають істотний вплив на рівень знань учнів з теми «Якості води», виявити залежності між ними та здійснити прогнозування навчальних результатів. Для побудови математичної моделі прогнозування було відібрано сукупність факторів (питань), оцінювання рівня знань учнів на констатувальному етапі педагогічного експерименту, сформованих у процесі роботи з наукометричним засобом CiteSpace, а також Google Scholar, Web of Science, Scopus. За допомогою лінійного регресійного аналізу виокремлено 20 факторів (питань), які найбільше впливають на рівень знань учнів, та класифіковано їх відповідно до пізнавального, діяльнісного, мотиваційного та аналітичного критеріїв (рис. 4.4.1) [94].

Regression Summary for Dependent Variable: КІРЗУ (1 in 11)						
R= ,74908192 R ² = ,56112372 Adjusted R ² = ,54017497						
F(20,419)=26,786 p<0,0000 Std.Error of estimate: ,33434						
N=440	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(419)	p-value
Intercept			1,739886	0,110831	15,69861	0,000000
1	-0,058179	0,047698	-0,062129	0,050937	-1,21972	0,223255
2	-0,125976	0,051499	-0,132461	0,054150	-2,44618	0,014848
3	0,131277	0,042656	0,140482	0,045647	3,07759	0,002224
4	0,090668	0,038169	0,102209	0,043027	2,37547	0,017976
5	-0,407039	0,043539	-0,456238	0,048801	-9,34894	0,000000
6	0,423793	0,045492	0,513235	0,055093	9,31581	0,000000
7	-0,188713	0,042497	-0,292839	0,065945	-4,44064	0,000011
8	0,216266	0,049207	0,223638	0,050884	4,39506	0,000014
9	-0,212432	0,044573	-0,209346	0,043925	-4,76598	0,000003
10	-0,062391	0,040554	-0,083058	0,053988	-1,53846	0,124692
11	-0,271826	0,046516	-0,268284	0,045910	-5,84366	0,000000
12	0,097145	0,042972	0,102523	0,045350	2,26067	0,024292
13	0,003018	0,044104	0,002979	0,043543	0,06842	0,945486
14	0,065156	0,048059	0,064562	0,047621	1,35577	0,175904
15	0,138406	0,064103	0,137886	0,063863	2,15910	0,031409
16	0,111568	0,052771	0,110114	0,052083	2,11419	0,035089
17	-0,317043	0,052004	-0,312281	0,051223	-6,09656	0,000000
18	0,298849	0,053904	0,295240	0,053253	5,54415	0,000000
19	0,290057	0,054655	0,295798	0,055737	5,30707	0,000000
20	-0,388837	0,045981	-0,383187	0,045313	-8,45647	0,000000

Рис.4.4.1. Результат отримання значущих факторів для прогнозування рівня знань учнів (КІРЗУ) при проведенні багатфакторного регресійного аналізу в програмі Statistica 10.0.

Наступним етапом було визначення відносної вагомості мультиколінеарних факторів в прогнозуванні рівня знань учнів визначенням коефіцієнтів регресії Beta, які відображають для кожного включеного в аналіз фактора відношення, щодо шансів впливу на рівень знань Питання 1, 10, 13, 14, у яких рівень вірогідності p (value) $> 0,05$, були виключені з регресійного аналізу: Оскільки рівень значущості у 16-ти факторів (питань) рівня знань учнів був $p < 0,05$, їх було включено в математичну модель

На основі отриманих результатів, які наведені на рис.4.4.2, будемо математичну модель для визначення коефіцієнта прогнозування рівня знань учнів (КПРЗУ)

Regression Summary for Dependent Variable: КПРЗУ (1 in 11)						
R= ,74594962 R²= ,55644084 Adjusted R²= ,53966319						
F(16,423)=33,166 p<0,0000 Std.Error of estimate: ,33452						
N=440	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(423)	p-value
Intercept			1,708574	0,096242	17,7529	0,000000
2	-0,098146	0,048158	-0,103198	0,050637	-2,0380	0,042172
3	0,143679	0,041735	0,153754	0,044661	3,4427	0,000633
4	0,079222	0,036985	0,089306	0,041692	2,1420	0,032762
5	-0,433216	0,038591	-0,485579	0,043256	-11,2258	0,000000
6	0,445159	0,043391	0,539110	0,052549	10,2593	0,000000
7	-0,177999	0,040638	-0,276214	0,063060	-4,3801	0,000015
8	0,232562	0,047089	0,240491	0,048694	4,9388	0,000001
9	-0,201155	0,043937	-0,198232	0,043298	-4,5783	0,000006
11	-0,255760	0,044058	-0,252427	0,043484	-5,8051	0,000000
12	0,082368	0,040942	0,086928	0,043209	2,0118	0,044874
15	0,176402	0,061121	0,175739	0,060891	2,8861	0,004100
16	0,111062	0,047876	0,109615	0,047252	2,3198	0,020827
17	-0,297955	0,046239	-0,293480	0,045544	-6,4438	0,000000
18	0,275690	0,050365	0,272360	0,049757	5,4738	0,000000
19	0,270722	0,052448	0,276080	0,053486	5,1617	0,000000
20	-0,394683	0,044727	-0,388948	0,044077	-8,8243	0,000000

Рис.4.4.2. Результат отримання значущих факторів для прогнозування рівня знань учнів (КПРЗУ) при проведенні багатфакторного регресійного аналізу в програмі Statistica 10.0 без факторів П1,П10,П13,П14.

$$\text{КПРЗУ)} = - 0,103198 * \text{П}2 + 0,153754 * \text{П}3 + 0,089306 * \text{П}4 - 0,485579 * \text{П}5 + 0,539110 * \text{П}6 - 0,276214 * \text{П}7 + 0,240491 * \text{П}8 - 0,198232 * \text{П}9 - 0,252427 * \text{П}11 + 0,086928 * \text{П}12 + 0,175739 * \text{П}15 + 0,109615 * \text{П}16 - 0,293480 * \text{П}17 + 0,272360 * \text{П}18 + 0,276080 * \text{П}19 - 0,388948 * \text{П}20$$

Для оцінювання якості регресійної моделі необхідно було проаналізувати залишкові відхилення, зокрема отримати їх гістограму (рис. 4.4.3). Як видно із отриманої гістограми залишкові відхилення розподілені симетрично, наближаючись до кривої нормального розподілу залишків, тому статистична гіпотеза про їх розподіл на відповідність нормальному закону розподілу не відхиляється [96].

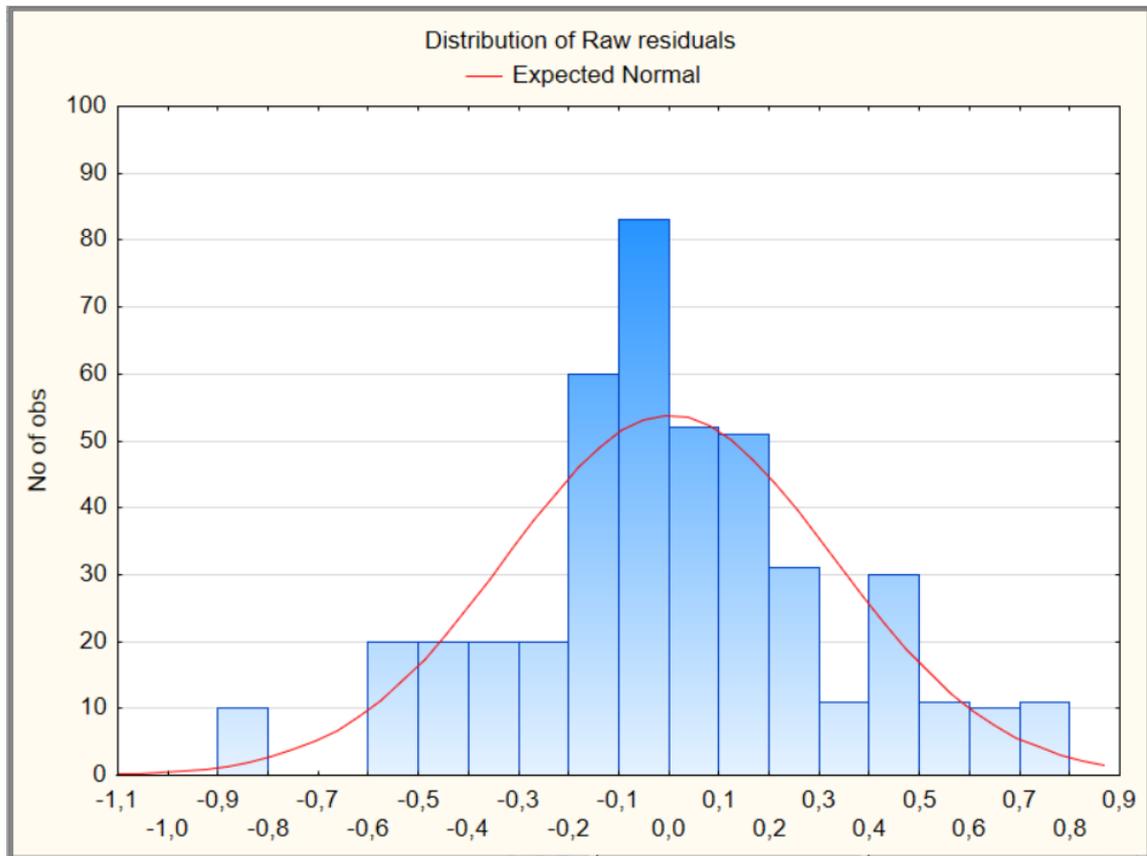


Рис. 4.4.3. Гістограма залишкових відхилень багатфакторної регресійної моделі прогнозування рівня знань учнів.

З метою додаткового підтвердження залишкових відхилень нормальному закону розподілу було побудовано нормально-ймовірнісний графік (рис. 4.4.4). Аналізуючи його дані зауважуємо відсутність систематичних відхилень від нормально-ймовірнісної прямої. Це дає можливість зробити висновок, що залишкові відхилення розподілені за нормальним законом розподілу.

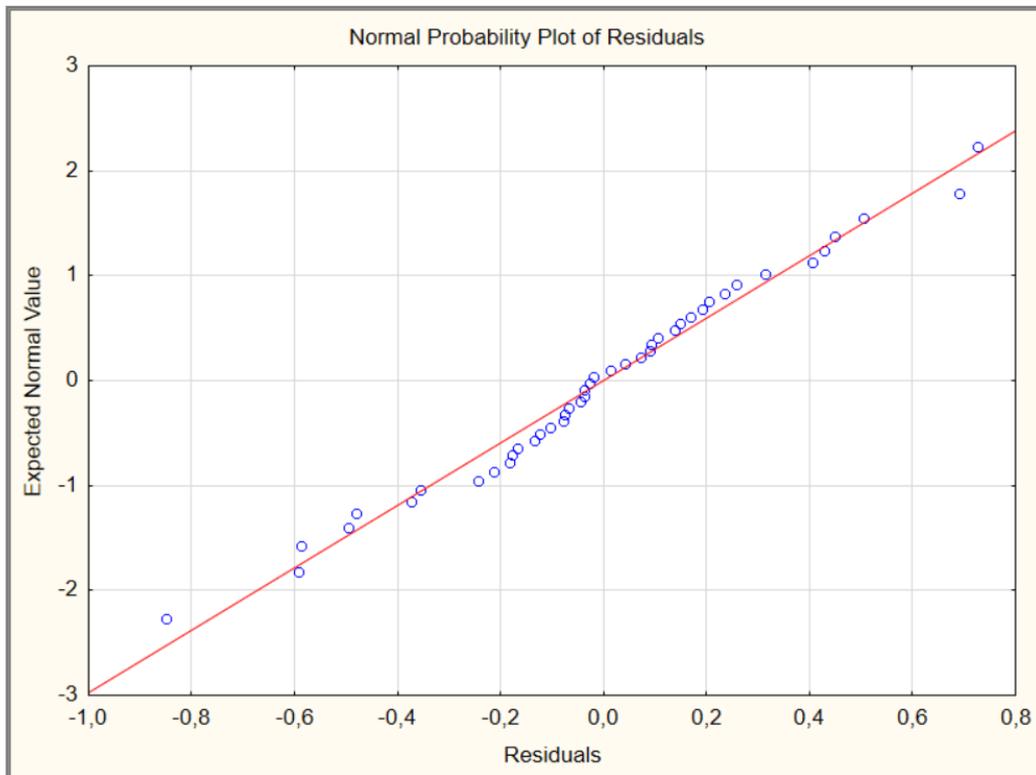


Рис.4.4.4. Нормально-ймовірнісний графік залишкових відхилень багатofакторної регресійної моделі прогнозування (КПРЗУ).

Наступним кроком була оцінка прийнятності моделі в цілому, для чого проводимо аналіз ANOVA (Рис.4.4.5). Аналізуючи отримані дані можна зробити висновок про високий рівень прийнятності моделі прогнозування ризику *прогнозування рівня знань учнів* в цілому за допомогою аналізу ANOVA, оскільки рівень значущості $p < 0,001$, а сама модель буде працювати краще, чим простий прогноз, використовуючи середні значення. [31]

Analysis of Variance; DV: КПРЗУ (1 in 11)					
Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-value
Regress.	59,3824	16	3,711397	33,16560	0,00
Residual	47,3358	423	0,111905		
Total	106,7182				

Рис. 4.4.5. Результати аналізу ANOVA.

Для додаткового оцінювання якості математичної моделі КПРЗУ було проаналізовано коефіцієнт детермінації Нейджелкерка (R^2), який показує, яка

частина факторів врахована при прогнозуванні. Його розглядають як універсальну міру зв'язку однієї випадкової величини з іншими. Коефіцієнт детермінації змінюється від 0 до 1. Чим більше його значення наближається до «1», тим більш якісна багатофакторна регресійна модель. У запропонованій математичній моделі ПРТ коефіцієнт детермінації становить $R^2=0,559$ (в програмі Statistica 10.0 $R^2=,53966319$ (рис.4.4.2)). Отже, в нашому випадку 55, 96 % факторів враховано в моделі прогнозування ризику *прогнозування рівня знань учнів*. Коефіцієнт детермінації вказує, наскільки отримані спостереження підтверджують математичну модель.

У результаті констатувального етапу педагогічного експерименту, спрямованого на прогнозування рівня знань учнів з теми «Якість води» із використанням програмного інструменту CiteSpace, а також наукометричних засобів Google Scholar, Web of Science, Scopus було розроблено та обґрунтовано багатофакторну регресійну модель. Застосування методу регресійного аналізу дало змогу виявити статистично значущі залежності між показниками оцінювання рівня знань учнів, отриманими на констатувальному етапі експерименту, та здійснити їх кількісне прогнозування.

У ході дослідження на основі лінійного регресійного аналізу було виокремлено 20 факторів, які потенційно впливають на рівень знань учнів, та класифіковано їх за пізнавальним, діяльним, мотиваційним та аналітичним критеріями. Подальший аналіз статистичної значущості показав, що фактори П1, П10, П13 та П14 не мають істотного впливу на прогнозований показник ($p > 0,05$), у зв'язку з чим їх було виключено з математичної моделі. До кінцевої моделі включено 16 статистично значущих факторів ($p < 0,05$).

Побудована математична модель коефіцієнта прогнозування рівня знань учнів (КПРЗУ) адекватно відображає вплив відібраних факторів, що підтверджується аналізом залишкових відхилень. Гістограма залишків та нормально-ймовірнісний графік засвідчили відповідність залишкових відхилень

нормальному закону розподілу, що свідчить про коректність застосування багатofакторного регресійного аналізу.

Результати дисперсійного аналізу ANOVA показали високий рівень статистичної значущості побудованої моделі ($p < 0,001$), що підтверджує її прийнятність та ефективність для прогнозування рівня знань учнів. Отримані результати свідчать, що запропонована модель забезпечує більш точне прогнозування порівняно з використанням середніх значень.

Аналіз коефіцієнта детермінації Нейджелкерка показав, що побудована модель враховує близько 56 % факторів, які впливають на рівень знань учнів з теми «Якість води». Це підтверджує достатній рівень пояснювальної здатності моделі та доцільність її використання в педагогічних дослідженнях для оцінювання ефективності застосування програмного інструменту CiteSpace в освітньому процесі.

Таким чином, результати моделі підтверджують можливість і доцільність використання програмного інструменту CiteSpace, а також Google Scholar, Web of Science, Scopus, як ефективних засобів формування та прогнозування рівня знань учнів у процесі вивчення природничо-наукових тем, зокрема проблематики якості води.

4.5. Експертна оцінка педагогічного експерименту

У нашому дослідженні, спрямованому на обґрунтування доцільності використання наукового програмного інструменту CiteSpace у навчальному процесі з біології старшої школи, було прийнято рішення відмовитися від повноцінних формувального та контрольного етапів та замінити їх експертною оцінкою методичної моделі. Такий підхід ґрунтується на низці педагогічних, методичних і наукових аргументів.

Науковці зазначають, що у випадках, коли дослідження має інноваційний, попередній або модельно-апробаційний характер, доцільним є використання

експертної оцінки як форми перевірки валідності та обґрунтованості моделі без повномасштабного експериментального впровадження.

Експертиза дозволяє:

- оцінити методику до її впровадження в реальний освітній процес;
- виявити потенційні недоліки моделі;
- визначити доцільність і можливість практичного застосування інструменту;
- скорегувати модель, перш ніж проводити повноцінне педагогічне впровадження.

Для оцінки моделі було залучено 4 експертів — учителя біології, хімії, географії та основ здоров'я з досвідом керівництва учнівськими науковими проєктами. Експерти оцінювали методичну модель за 7 критеріями, включаючи науково-методичну доцільність, вікову відповідність, розвиток дослідницької компетентності, доступність завдань, технологічну та практичну значущість, логічність етапів роботи. Анкета експертної оцінки ефективності використання програмного інструменту CiteSpace учнів 11 класу наведено у додатку. Додаток(5). Результати експертної оцінки у таблиці 4.5.1.

Таблиця.4.5.1. Узагальнені результати експертної оцінки за критеріями

№	Критерій	Кількість питань	Середній бал
1	Методичний	5	4,35
2	Педагогічний	5	3,95
3	Мотиваційний	5	3,65
4	Дослідницької компетентності	5	3,75

№	Критерій	Кількість питань	Середній бал
5	Інформаційно-цифровий	4	4,19
6	Організаційний	3	3,58
7	Результативний	3	4,67

Узагальнення результатів експертного оцінювання свідчить про переважно високий рівень ефективності використання програмного інструменту CiteSpace у формуванні дослідницької компетентності учнів 11 класу [107].

Найвищі показники отримали методичний (4,35) та результативний критерії (4,67). Це засвідчує, що експерти високо оцінили наукову обґрунтованість методики, її відповідність навчальній програмі з біології та реальний вплив на формування дослідницьких умінь старшокласників. Зокрема, використання CiteSpace було визнано ефективним інструментом аналізу наукової інформації та розвитку аналітичного мислення.

Достатньо високий бал отримав інформаційно-цифровий критерій (4,19), що підтверджує доцільність використання CiteSpace, а також Google Scholar, Web of Science, Scopus, як засобів розвитку цифрової компетентності учнів та їх умінь працювати з науковими базами даних.

Педагогічний (3,95) та критерій сформованості дослідницької компетентності (3,75) перебувають на достатньому рівні, що свідчить про позитивний вплив методики на пізнавальну активність учнів, водночас вказуючи на потребу в поступовому впровадженні інструменту та додатковому педагогічному супроводі.

Найнижчі, але прийнятні показники зафіксовано за мотиваційним (3,65) та організаційним критеріями (3,58). Це пояснюється тим, що використання

спеціалізованого наукового програмного забезпечення потребує адаптації учнів до нового формату діяльності та відповідної підготовки матеріально-технічної бази.

У цілому результати експертної оцінки підтверджують педагогічну доцільність використання CiteSpace в освітньому процесі з біології у старшій школі та обґрунтовують вибір експертного оцінювання як альтернативи формувальному і контрольному етапам педагогічного експерименту.

Експерти відзначили:

- сильні сторони: активне формування дослідницьких компетентностей, розвиток аналітичного та критичного мислення, можливість інтеграції міждисциплінарних знань, практичну цінність отриманих карт знань;
- недоліки та пропозиції: необхідність адаптації завдань для початкового рівня цифрової компетентності учнів, поділ завдань на етапи для полегшення виконання, забезпечення доступу до баз даних.

Таким чином, експертна оцінка підтвердила доцільність впровадження програмного інструменту CiteSpace у старших класах для проведення тематичних досліджень, зокрема теми «Якість води».

Експерти відзначили, що використання CiteSpace сприяє:

- розвитку аналітичного, критичного й системного мислення учнів;
- формуванню навичок роботи з науковими джерелами та базами даних;
- підготовці учнів до дослідницької діяльності, участі в МАН і наукових конкурсах;
- інтеграції міждисциплінарних знань з біології, хімії, географії та основ здоров'я;
- підвищенню мотивації та пізнавальної активності старшокласників.

Окремою сильною стороною було визначено актуальність тематичного дослідження «Якість води», яке відповідає сучасним екологічним викликам та забезпечує широкі можливості для міжпредметної інтеграції.

Разом з тим експерти вказали на необхідність попередньої підготовки учнів до роботи з програмним забезпеченням (зокрема, опрацювання англomовних матеріалів) та рекомендували вводити короткі інструктивні матеріали або міні-навчальні блоки з технічними алгоритмами роботи в CiteSpace а також Google Scholar, Web of Science, Scopus,

Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що експертна оцінка підтвердила високу ефективність, педагогічну доцільність та інноваційність використання програмного інструменту CiteSpace у навчанні біології в старшій школі.

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі здійснено комплексне теоретико-методичне та практичне дослідження проблеми наукометричного аналізу наукових публікацій з тематики якості води з використанням баз даних Google Scholar, Scopus, Web of Science та програмного інструменту CiteSpace, а також обґрунтовано можливості інтеграції результатів такого аналізу в позакласну діяльність старшої школи з біології і екології. Доведено, що програмне середовище CiteSpace є потужним інструментом наукометричного аналізу та візуалізації наукових знань, який дозволяє будувати карти співцитування, виявляти ключові тематичні кластери, «спалахи цитувань», часову динаміку розвитку досліджень та визначати наукові ядра галузі.
2. Досліджено, що наукометричне картографування за даними Web of Science із використанням CiteSpace дозволило ідентифікувати ключові тематичні кластери сучасних досліджень якості води, серед яких: екологічний стан водних екосистем, мікропластик, нові контамінанти, токсичні ефекти сумішей забруднювачів, мікробіологічні ризики, фотохімічні процеси, глобальне моделювання та природоорієнтовані інженерні рішення.
3. На основі даних Scopus встановлено стійку тенденцію до зростання кількості публікацій, присвячених якості води, особливо після 2010 року. Виявлено провідні країни, наукові установи та авторів, що формують сучасний науковий ландшафт досліджень водних ресурсів. Основними напрямками досліджень визначено оцінку індексу якості води, гідрогеохімічний аналіз, використання ГІС-технологій, біоіндикаторів та методів машинного навчання.
4. Розроблено та апробовано модель організації онлайн-гуртка «ІнфоПошук». В констатувальному етапі педагогічного експерименту. основі багатофакторного регресійного аналізу ідентифіковано та обґрунтовано 16 статистично значущих факторів (запитань), що впливають на рівень знань учнів з проблематики якості води та використання наукового програмного інструменту CiteSpace у поєднанні з базами Google Scholar, Scopus і Web of Science. Побудована математична модель коефіцієнта прогнозування рівня

знань учнів (КПРЗУ) є статистично значущою та адекватною, що підтверджено аналізом залишків і результатами ANOVA ($p < 0,001$). Модель має достатню пояснювальну здатність, оскільки враховує близько 56 % варіації рівня знань учнів за коефіцієнтом детермінації Нейджелкерка.

5. Експертна оцінка педагогічного експерименту підтвердила ефективність запропонованого підходу. Найвищі бали отримали методичний та результативний критерії, що свідчить про наукову обґрунтованість запропонованої методики. Педагогічний та дослідницький критерії перебувають на достатньому рівні, що засвідчує позитивний вплив методики на пізнавальну активність учнів і водночас вказує на потребу педагогічного супроводу під час її впровадження.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Проект підсумкового заняття онлайн-гуртка «ІнфоПошук» (11 клас)

Назва заняття:

Підсумкове заняття. Презентація та захист міні-дослідницьких проєктів з теми якості води

Мета заняття:

Узагальнення та демонстрація сформованих у процесі роботи гуртка навичок науково-інформаційного пошуку, аналізу та візуалізації літературних джерел шляхом представлення учнями індивідуальних або групових міні-дослідницьких проєктів з теми якості води.

Завдання заняття:

У ході підсумкового заняття передбачається:

- перевірити рівень сформованості вмінь пошуку наукової інформації в базах Scopus і Web of Science;
- оцінити здатність учнів здійснювати бібліографічний опис джерел відповідно до ДСТУ 8302:2015;
- продемонструвати навички використання CiteSpace для аналізу та візуалізації наукових даних;
- розвивати вміння публічного представлення результатів дослідження;
- сформувати навички самооцінювання та взаємооцінювання результатів дослідницької діяльності.

Форма проведення:

Очне заняття з використанням цифрового освітнього середовища Google Classroom (презентація матеріалів, обмін файлами, зворотний зв'язок).

Тривалість: 60 хвилин.

Після завершення заняття учні:

- демонструють здатність здійснювати цілеспрямований науковий пошук;
- аргументують вибір джерел за показниками наукової якості;
- коректно оформлюють бібліографічні списки;
- інтерпретують результати бібліометричного аналізу;
- презентують результати власного міні-дослідження з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Структура підсумкового заняття:

1. Організаційний етап (5 хв):

Керівником гуртка оголошується мета заняття, регламент виступів та критерії оцінювання. Наголошується на значенні дослідницької діяльності та академічної культури.

2. Презентація міні-дослідницьких проєктів (30 хв):

Учні представляють результати виконаних проєктів у формі короткої доповіді (3–5 хв), яка включає:

- формулювання теми дослідження;
- обґрунтування актуальності;
- опис стратегії пошуку джерел у Scopus і Web of Science;
- аналіз отриманих результатів;
- демонстрацію фрагмента бібліометричної візуалізації в CiteSpace;
- висновки щодо наукових тенденцій у дослідженні якості води.

Матеріали подаються у вигляді презентації або письмового звіту, розміщеного в Google Classroom.

3. Обговорення та взаємооцінювання (10 хв):

Після кожної презентації проводиться коротке обговорення. Учні здійснюють взаємооцінювання за заздалегідь визначеними критеріями (див. додаток Д).

4. Підбиття підсумків та рефлексія (5–10 хв):

Педагог узагальнює результати, аналізує типові труднощі та успішні приклади. Здійснюється рефлексія щодо набутих умінь та можливостей їх подальшого застосування в навчальній і науковій діяльності.

Додаток 2

Критерії оцінювання підсумкового міні-дослідницького проєкту

(підсумкве заняття гуртка «ІнфоПошук»)

Оцінювання результатів підсумкового заняття здійснюється за сукупністю критеріїв, що відображають рівень сформованості інформаційно-пошукових, аналітичних та дослідницьких умінь учнів.

1. Актуальність і коректність формулювання теми

Оцінюється:

- відповідність теми напряму досліджень якості води;
- чіткість і наукова коректність формулювання;
- наявність обґрунтування актуальності.

Рівні: високий / достатній / середній / початковий.

2. Якість інформаційного пошуку

Оцінюється:

- використання баз Scopus і Web of Science;
- обґрунтованість добору ключових слів;
- кількість і релевантність знайдених наукових джерел;
- здатність відрізнити наукові джерела від популярних.

3. Коректність бібліографічного оформлення

Оцінюється:

- дотримання вимог ДСТУ 8302:2015;
- наявність усіх обов'язкових елементів бібліографічного опису;
- коректність оформлення електронних джерел і DOI.

4. Аналітичність опрацювання джерел

Оцінюється:

- здатність узагальнювати зміст наукових публікацій;
- виявлення спільних тенденцій і напрямів досліджень;
- логічність і аргументованість висновків.

5. Використання інструментів наукової аналітики

Оцінюється:

- застосування CiteSpace для візуалізації даних;
- коректність інтерпретації бібліометричних карт;
- пояснення отриманих результатів.

6. Презентація результатів дослідження

Оцінюється:

- логічність структури виступу;
- чіткість і лаконічність викладу;
- візуальна якість презентації;
- дотримання регламенту.

7. Дотримання принципів академічної доброчесності

Оцінюється:

- відсутність плагіату;
- коректне цитування джерел;
- самостійність виконання роботи;
- етичність використання наукової інформації.

Шкала оцінювання

Рівень	Характеристика
Високий	повне та самостійне виконання всіх вимог
Достатній	незначні недоліки, що не впливають на зміст
Середній	часткове виконання, потребує доопрацювання
Початковий	фрагментарні знання та навички

Додаток 3

Анкетування

Мета: визначити рівень навчальної мотивації, інтерес до пошукової діяльності та здатність учнів до самостійної роботи з науковими інформаційними ресурсами (Google Scholar, Scopus, Web of Science).

Інструкція: оберіть один варіант відповіді або оцініть твердження за шкалою від 1 до 5.

1 — зовсім не погоджуюсь / дуже низько

5 — повністю погоджуюсь / дуже високо

I. Мотиваційний критерій

1. Мій рівень інтересу до пошуку інформації для навчальних проєктів:

1 2 3 4 5

2. Мені цікаво працювати з науковими статтями.

1 2 3 4 5

3. Я вважаю, що вміння шукати наукову інформацію буде корисним у майбутньому (навчання, професія).

1 2 3 4 5

4. Мені подобається виконувати завдання, які вимагають дослідження даних або пошуку фактів.

1 2 3 4 5

5. Я відчуваю задоволення, коли знаходжу потрібну інформацію самостійно.

1 2 3 4 5

II. Самостійність у навчальній діяльності

6. Я можу самостійно знайти наукову статтю на задану тему.

1 2 3 4 5

7. Я вмію визначити, чи є джерело науково достовірним.

1 2 3 4 5

8. Я можу працювати з науковими базами даних без допомоги вчителя (Google Scholar, Scopus, Web of Science).

1 2 3 4 5

9. Я здатний(на) самостійно сформулювати ключові слова для пошуку літератури.

1 2 3 4 5

10. У разі складностей я намагаюся вирішити проблему самостійно, перш ніж звертатися за допомогою.

1 2 3 4 5

III. Емоційно-вольовий компонент самостійності

11. Я не відчуваю складності або стресу під час роботи з науковими текстами.

1 2 3 4 5

12. Я доводжу до кінця навчальні завдання, які потребують кілька етапів пошуку та обробки інформації.

1 2 3 4 5

IV. Рефлексивний блок (відкриті питання)

13. Що вам найбільше подобається у пошуку наукової інформації?

14. Що викликає найбільші складності під час роботи з Google Scholar / Scopus / Web of Science?

15. Як, на вашу думку, можна покращити навички пошуку літератури?

Додаток 4

Тест для визначення початкового рівня дослідницької компетентності учнів (20 запитань)

Пізнавальний компонент

1. Що таке «ключові слова»?
 - А) випадкові слова
 - Б) терміни, що описують тему пошуку
 - В) слова з підручника
2. Джерело «Wikipedia» є...
 - А) рецензованим науковим журналом
 - Б) допоміжним ресурсом
 - В) офіційним джерелом
3. Яке з наведених джерел є науковою статтею?
 - А) стаття у блозі
 - Б) стаття в журналі «Water Research»
 - В) пост у соцмережах

4. Що означає дата публікації?
 - А) рівень достовірності
 - Б) рік, коли вийшла стаття
 - В) кількість цитувань
5. Яке з цих слів може бути ключовим у темі «якість води»?
 - А) «вода гарна»
 - Б) «забруднення»
 - В) «красива річка»
6. Що таке «рецензована стаття»?
 - А) стаття, яку прочитали учні
 - Б) стаття, перевірена експертами
 - В) стаття без автора
7. Що таке «гіпотеза»?
 - А) припущення, яке потребує перевірки
 - Б) відомий факт
 - В) список літератури

Аналітичний компонент

8. Яке джерело є найбільш достовірним?
 - А) блог
 - Б) наукова стаття у Scopus
 - В) інформація Google
9. Хто є автором статті?
 - А) студент, який читає текст
 - Б) людина, що створила текст
 - В) людина, яка його редагувала
10. Що можна знайти через Google Scholar?
 - А) мультфільми
 - Б) наукові статті
 - В) фото

11. Яка ознака свідчить про достовірність наукового джерела?

- А) багато тексту
- Б) посилання на інші наукові роботи
- В) яскраві картинки

12. Яке формулювання найбільш точно описує проблему дослідження «якість води»?

- А) «чому вода буває різною»
- Б) «які фактори впливають на хімічний склад та чистоту води»
- В) «чому вода важлива»

13. Який показник є найбільш важливим при оцінці наукових джерел?

- А) колір сторінки
- Б) індексація в наукових базах
- В) кількість фото

Діяльнісний компонент

14. Який перший крок під час пошуку інформації про якість води?

- А) відкрити випадковий сайт
- Б) визначити ключові слова
- В) прочитати блог

15. Що потрібно робити після збору джерел?

- А) перемішати їх
- Б) оцінити їх достовірність
- В) вибрати найкоротше

16. Як правильно сформулювати мету дослідження?

- А) «щось знайти про воду»
- Б) «вивчити фактори, що впливають на якість води»
- В) «прочитати 5 статей»

Інформаційно-цифровий компонент

17. Для чого використовується CiteSpace?

- А) для створення художніх зображень

- Б) для аналізу та візуалізації наукової літератури
В) для редагування текстів
18. Яка функція Google Scholar дозволяє відстежувати нові статті з певної теми?
- А) «Cited by»
Б) «Create alert»
В) «Save»
19. Який формат найчастіше використовується для експорту бібліографічних даних у CiteSpace?
- А) .jpg
Б) .ris
В) .wav
20. Яка дія є необхідною для якісного аналізу даних у CiteSpace?
- А) перевірка коректності імпортованих записів і налаштувань
Б) регулярне перезавантаження комп'ютера
В) робота лише в офлайн-режимі

Додаток 5

Анкета експертної оцінки ефективності використання програмного інструменту CiteSpace учнів 11 класу

Мета анкетування: отримання фахової оцінки доцільності, ефективності та педагогічного потенціалу використання програмного інструменту CiteSpace в освітньому процесі з біології у старшій школі.

Інструкція для експерта.

Оцініть кожне твердження за п'ятибальною шкалою, де:

- 1 – дуже низький рівень;
2 – низький;
3 – середній;
4 – достатній;
5 – високий.

Методичний критерій

1. Відповідність використання CiteSpace програмі з біології 11 класу.
2. Наукова коректність і актуальність матеріалів, що аналізуються.
3. Методична доцільність використання CiteSpace.
4. Логічність і послідовність етапів роботи.
5. Можливість адаптації методики до рівня підготовки учнів.

Педагогічний критерій

6. Доступність і зрозумілість інструкцій для учнів.
7. Відповідність завдань віковим особливостям старшокласників.
8. Сприяння розвитку пізнавальної активності.
9. Формування критичного мислення.
10. Розвиток умінь аргументувати власні висновки.

Мотиваційний критерій

11. Підвищення навчальної мотивації учнів.
12. Формування інтересу до дослідницької діяльності.
13. Заохочення до самостійного пошуку наукової інформації.
14. Усвідомлення практичної значущості біологічних знань.
15. Мотивація до участі в навчальних і наукових проєктах.

Критерій сформованості дослідницької компетентності

16. Формування вмінь здійснювати науковий пошук.
17. Здатність відбирати достовірні наукові джерела.
18. Уміння аналізувати та систематизувати інформацію.
19. Інтерпретація результатів аналізу (карти знань, тенденції).
20. Самостійність учнів у виконанні дослідницьких завдань.

Інформаційно-цифровий критерій

21. Зручність інтерфейсу CiteSpace для учнів.

22.Розвиток цифрових навичок.

23.Доцільність використання наукових баз даних.

24.Інтеграція цифрових інструментів у навчальний процес.

Організаційний критерій

25.Реалістичність використання CiteSpace в межах навчального часу.

26.Можливість застосування під час різних форм навчальної діяльності.

27.Організаційна простота впровадження методики.

Результативний критерій

28.Загальний вплив CiteSpace на формування дослідницької компетентності.

29.Практична значущість отриманих результатів.

30.Загальна ефективність методики.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Altenburger, R. Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures. ENVIRONMENTAL SCIENCES EUROPE. 2019. DOI: 10.1186/s12302-019-0193-1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0193-1>. Дата звернення: 31.10.2025.
2. Altenburger, R. Next-generation assessment of water pollutants: combining chemical analysis and bioanalytical tools. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2018. 102:120–123. DOI: 10.1016/j.trac.2018.02.018. Дата звернення: 31.10.2025.
3. Brack, W. Effect-based methods for monitoring. Environmental Sciences Europe. 2019; 31: 5. DOI: 10.1186/s12302-019-0219-4; date of access: 18.11.2025.
4. Brack, W., Altenburger, R., Sousa, J., et al. Series of publications from the SOLUTIONS project on emerging pollutants, effect-based monitoring, and diagnostic tools. Environmental Sciences Europe; Science of the Total Environment. 2015–2019; date of access: 16.10.2025.
5. Brack, W., et al. Advancing effect-based monitoring of organic micropollutants in European surface waters. Environmental Sciences Europe. 2019. 31:1–11. DOI: 10.1186/s12302-019-0209-1. Дата звернення: 31.10.2025.
6. Brack, W., Schmitt-Jansen, M., & Möder, M. Effect-directed analysis (EDA): An overview of approaches used to identify key toxicants in complex environmental mixtures. Science of the Total Environment. 2016; DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.10.027; date of access: 16.10.2025.
7. Bradshaw, J. K. Relationships between fecal indicator bacteria and pathogens. Water Research. 2016; 91: 1–12. DOI: 10.1016/j.watres.2016.01.005; date of access: 18.11.2025.
8. Brennecke, D. Microplastics as vectors for heavy metals. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2016; 186: 256–262. DOI: 10.1016/j.ecss.2016.11.021; date of access: 18.11.2025.

9. Cao, Y., Zhang, W., & Luo, J. Toxicity of mixed heavy metals in aquatic environments: interactions, synergies and combined effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018; DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.04.012; date of access: 16.10.2025.
10. Carena, L. Mapping the photochemistry of European mid-latitudes rivers: an assessment of their ability to photodegrade contaminants. *Molecules*. 2020; 25(2): 424. DOI: 10.3390/molecules25020424; URL: <https://doi.org/10.3390/molecules25020424>; date of access: 18.11.2025.
11. Celekli, A. Limno-ecological assessment of Aras River surface waters in Turkey: application of diatom indices. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019; 26: 11. DOI: 10.1007/s11356-019-04295-y; URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04295-y>; date of access: 16.10.2025.
12. Chen, C. *CiteSpace: A Practical Guide for Mapping Scientific Literature* / C. Chen. – 2016. – Режим доступа: <http://cluster.cis.drexel.edu/~cchen/citespace/> [Дата звернення: 03.12.2025]
13. CiteSpace – Режим доступа: <http://cluster.cis.drexel.edu/~cchen/citespace/> [Дата звернення: 01.12.2025]
14. Di, M. Manuscript prepared for submission to environmental toxicology and pharmacology pollution in drinking water source areas: microplastics in the Danjiangkou Reservoir, China. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2019; DOI: 10.1016/j.etap.2018.12.009; URL: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.12.009>; date of access: 16.10.2025.
15. Dibofori-Orji, A. N. Spatial and temporal distribution and contamination assessment of heavy metal in Woji Creek. *ENVIRONMENTAL RESEARCH COMMUNICATIONS*. 2019. DOI: 10.1088/2515-7620/ab4a8c. URL: <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab4a8c>. Дата звернення: 31.10.2025.
16. Doan, L. N. Integration of bioretention with urban drainage systems. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*. 2017; 3(1): 04016022. DOI: 10.1061/JSWBAY.0000813; date of access: 18.11.2025.

17. Ebele, A. J. Pharmaceuticals and personal care products in freshwater ecosystems. *Emerging Contaminants*. 2017; 3: 1–11. DOI: 10.1016/j.emcon.2017.03.001; date of access: 18.11.2025.
18. Ebele, A. J., Abdallah, M. A.-E., & Harrad, S. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment: a global review of concentrations, sources, and effects. *Environmental International*. 2017; DOI: 10.1016/j.envint.2017.04.018; date of access: 16.10.2025.
19. EEA. European waters — Assessment of status and pressures 2018. European Environment Agency, 2018; date of access: 18.11.2025.
20. Eerkes-Medrano, D. Microplastics in freshwater systems. *Water Research*. 2015; 75: 63–82. DOI: 10.1016/j.watres.2015.02.012; date of access: 18.11.2025.
21. Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C., & Aldridge, D.C. Microplastics in freshwater systems: a review of occurrence, behaviour and risks. *Water Research*. 2015; DOI: 10.1016/j.watres.2015.02.012; date of access: 16.10.2025.
22. Escher, B. I., Neale, P. A., & Leusch, F. D. L. Effect-based trigger values for in vitro bioassays: Linking bioassay responses and chemical risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2014; DOI: 10.1002/etc.2678; date of access: 16.10.2025.
23. Fensham, P. *Pedagogical Approaches to Inquiry-Based Learning* / P. Fensham. – 2019. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com> [Дата звернення: 03.12.2025]
24. Fu, Z., Wu, F., Mo, C., & Meng, W. Heavy metal accumulation and toxicity in aquatic organisms. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2016; DOI: 10.1002/etc.3362; date of access: 16.10.2025.
25. Gee, K. D. Performance of rainwater harvesting systems. *Journal of Environmental Engineering*. 2016; 142(9): 04016048. DOI: 10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001070; date of access: 18.11.2025.
26. Ghimire, P. S. Microbial mercury methylation in the cryosphere: progress and prospects. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*. 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134150. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134150>. Дата звернення: 31.10.2025.

27. Gleick P.H. Water resources. In: Encyclopedia of Climate and Weather. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2015. p. 1715–1727.
28. Gómez, L., Pérez, M. Assessment of water quality degradation across Argentinian basins: spatial patterns and socio-environmental drivers. South American Hydrology Review. 2016. Дата звернення: 31.10.2025.
29. Google Classroom – Режим доступу: <https://classroom.google.com> [Дата звернення: 01.12.2025]
30. Google Scholar – Режим доступу: <https://scholar.google.com> [Дата звернення: 01.12.2025]
31. Herasymiuk, M., Sverstiuk, A., Kit, I. Multifactor regression model for prediction of chronic rhinosinusitis recurrence / M. Herasymiuk, A. Sverstiuk, I. Kit // Wiadomości Lekarskie Medical Advances. – 2023. – Т. LXXVI, № 5. – С. 928–935. – Режим доступу: <https://doi.org/10.36740/WLek202305106> [Дата звернення: 03.12.2025]
32. Ippolito, A. Pesticides in surface waters: from edge-of-field to global modelling. Current Opinion in Environmental Sustainability. 2019; 37: 14–22. DOI: 10.1016/j.cosust.2018.10.023; URL: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.10.023>; date of access: 18.11.2025.
33. Jambeck, J. R. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science. 2015; 347: 768–771. DOI: 10.1126/science.1260352; date of access: 18.11.2025.
34. Jeon, D. J. Temporal stability of E. coli and enterococci concentrations in a Pennsylvania creek. Environmental Science and Pollution Research. 2020; 27: 11. DOI: 10.1007/s11356-019-07030-9; URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07030-9>; date of access: 16.10.2025.
35. King, K. W. Transport of phosphorus in subsurface drainage. Journal of Environmental Quality. 2015; 44: 1523–1532. DOI: 10.2134/jeq2015.03.0126; date of access: 18.11.2025.
36. Kowalski, P., Nowicka, A., Zieliński, T. Modelling changes in surface water quality in Central Europe under agricultural pressure. Journal of Central European Hydrology. 2018. 12(3):145–160. Дата звернення: 31.10.2025.

37. Kwak, S. Trends in Water Quality Research: Bibliometric Analysis / S. Kwak. – 2020. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02689-5> [Дата звернення: 03.12.2025]
38. La Rosa, G., Fratini, M., Della Libera, S., Iaconelli, M., & Muscillo, M. Viral contamination of surface waters: a large-scale survey of enteric viruses in Europe. *Water Research*. 2017; DOI: 10.1016/j.watres.2017.04.040; date of access: 16.10.2025.
39. La Rosa, G., Fratini, M., Della Libera, S., Iaconelli, M., & Muscillo, M. Human adenoviruses in water environments: occurrence, persistence and human health risks. *Water Research*. 2012; DOI: 10.1016/j.watres.2011.11.055; date of access: 16.10.2025.
40. Lebreton, L. C. M. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*. 2017; 8: 15611. DOI: 10.1038/ncomms15611; date of access: 18.11.2025.
41. Li F., et al. Impact of agricultural practices on water quality: A global review. *Science of the Total Environment*. 2020; 729: 138947. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138947
42. Lin, J., Qiu, Y., Li, L., & Deng, Y. Temperature-dependent persistence of human enteric viruses in surface waters. *Journal of Applied Microbiology*. 2017; DOI: 10.1111/jam.13582; date of access: 16.10.2025.
43. Mack, L. The future depends on what we do today - projecting Europe's surface water quality into three different future scenarios. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*. 2019. 668:P15. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.251. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.251>. Дата звернення: 31.10.2025.
44. Mahlkecht, J., Schulte, P., & Kumar, P. Climate change impacts on riverine ecosystems: modelling oxygen dynamics under altered flow and temperature regimes. *Science of the Total Environment*. 2019; DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.259; date of access: 16.10.2025.
45. Malaj, E. Organic chemicals jeopardize the ecological status of rivers and lakes across Europe. *PNAS*. 2014; 111(26): 9549–9554. DOI: 10.1073/pnas.1321085111; date of access: 18.11.2025.

46. Manuel, G. J. Occurrence of emerging contaminants in environmental surface waters and their analytical methodology - a review. *Water Supply*. 2019; 19: 14. DOI: 10.2166/ws.2019.087; URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124356>; date of access: 18.11.2025.
47. Manuel, G. J. Occurrence of emerging contaminants in environmental surface waters and their analytical methodology - a review. *Water Supply*. 2019; 19: 14. DOI: 10.2166/ws.2019.087; URL: <https://doi.org/10.2166/ws.2019.087>; date of access: 16.10.2025.
48. Marchisio, A. Emerging contaminants in wastewater: photochemical degradation pathways. *Water Research*. 2015; 70: 199–209. DOI: 10.1016/j.watres.2015.09.002; date of access: 18.11.2025.
49. McDowell, W. H. Nutrient export and elemental stoichiometry in an urban tropical river. *Ecological Applications*. 2019; DOI: 10.1002/eap.1839; URL: <https://doi.org/10.1002/eap.1839>; date of access: 16.10.2025.
50. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2011; 15: 1577–1600. DOI: 10.5194/hess-15-1577-2011
51. Miller, R., Anderson, J. National-scale trends of heavy metal contamination in Canadian river systems. *Canadian Journal of Environmental Monitoring*. 2017. Дата звернення: 31.10.2025.
52. Moriasi, D. N. Hydrologic and water quality models: performance measures and evaluation criteria. *Transactions of the ASABE*. 2015; 58(6): 1763–1782. DOI: 10.13031/trans.58.10715; date of access: 18.11.2025.
53. Morrissey, C. A. Agricultural insecticides threaten surface waters globally. *Environmental International*. 2015; 81: 116–130. DOI: 10.1016/j.envint.2015.03.018; date of access: 18.11.2025.
54. Moschet, C. Comprehensive pesticide screening. *Environmental Science & Technology*. 2014; 48: 1815–1823. DOI: 10.1021/es404679q; date of access: 18.11.2025.
55. Moschet, C., Wittmer, I., Simovic, J., Junghans, M., & Hollender, J. How well are pesticide concentrations in surface waters monitored? Comparison of traditional

- sampling with passive sampling techniques. *Environmental Science & Technology*. 2014; 48: 3327–3335. DOI: 10.1021/es404679q; date of access: 16.10.2025.
- 56.OECD. *Education at a Glance 2023: OECD Indicators / OECD*. – Paris : OECD Publishing, 2023. – 352 p. – Режим доступа: https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2023_69096873-en [Дата звращения: 01.12.2025]
- 57.Pease, L. A. Phosphorus export from drained agricultural fields. *Journal of Great Lakes Research*. 2018; 44: 153–164. DOI: 10.1016/j.jglr.2017.09.010; date of access: 18.11.2025.
- 58.Penn, C. Performance of field-scale phosphorus removal structures utilizing steel slag for treatment of subsurface drainage. *Water*. 2020; 12(2): 443. DOI: 10.3390/w12020443; URL: <https://doi.org/10.3390/w12020443>; date of access: 18.11.2025.
- 59.Petrie, B. A review on emerging contaminants in wastewater. *Water Research*. 2015; 72: 3–27. DOI: 10.1016/j.watres.2014.08.053; date of access: 18.11.2025.
- 60.Postel S. Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. *Ecological Applications*. 2000; 10(4): 941–948. DOI: 10.1890/1051-0761(2000)010[0941:EAOEWS]2.0.CO;2
- 61.Posthuma, L. Mixtures of chemicals are important drivers of impacts on ecological status in European surface waters. *Environmental Sciences Europe*. 2019; 31: 17. DOI: 10.1186/s12302-019-0247-4; URL: <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0192-2>; date of access: 18.11.2025.
- 62.Posthuma, L., Brown, C., & de Zwart, D. Mixtures of chemicals: a framework for understanding combined effects in aquatic ecosystems. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2019; DOI: 10.1002/etc.4502; date of access: 16.10.2025.
- 63.Rivera-Jaimes, J. A. Inactivation of microorganisms under solar radiation. *Science of the Total Environment*. 2018; 628–629: 1076–1083. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.134; date of access: 18.11.2025.
- 64.Robin, R. S. Holistic assessment of microplastics in various coastal environmental matrices, southwest coast of India. *Science of the Total Environment*. 2020; 718:

134947. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134947; URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134947>; date of access: 18.11.2025.
- 65.Scopus – Режим доступу: <https://www.scopus.com> [Дата звернення: 01.12.2025]
- 66.Silins, U., Stone, M., Emelko, M. B., & Bladon, K. D. Forest fire impacts on hydrology and water quality: The role of erosion, carbon mobilization, and nutrient export. *Journal of Hydrology*. 2014; DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.07.050; date of access: 16.10.2025.
- 67.Smith, H. G., Sheridan, G. J., Lane, P. N. J., et al. Post-fire hydrological changes in forested catchments: mechanisms and long-term effects. *Hydrological Processes*. 2011; DOI: 10.1002/hyp.8289; date of access: 16.10.2025.
- 68.Soller, J. A., Eisenberg, J. N., DeGeorge, J., et al. Quantitative microbial risk assessment of viral contamination in recreational and drinking waters. *Risk Analysis*. 2014; DOI: 10.1111/risa.12148; date of access: 16.10.2025.
- 69.Soller, J.A., Eftim, S.E., Wade, T.J., Ichida, A.M., & Ravenscroft, J.E. Risk-based evaluation of viral contamination in recreational streams. *Environmental Science & Technology*. 2014; DOI: 10.1021/es502215v; date of access: 16.10.2025.
- 70.Stehle, S. Neonicotinoid pollution worldwide. *PNAS*. 2015; 112(20): 6825–6830. DOI: 10.1073/pnas.1500232112; date of access: 18.11.2025.
- 71.Suarez, V. V. C. Evaluation of a coupled hydrodynamic-closed ecological cycle approach for modelling dissolved oxygen in surface waters. *Environmental Modelling & Software*. 2019; 119: 16. DOI: 10.1016/j.envsoft.2019.06.003; URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.06.003>; date of access: 16.10.2025.
- 72.Suter, G. *Ecological risk assessment*. CRC Press. 2016. DOI: 10.1201/b17332. Дата звернення: 31.10.2025.
- 73.Sweeney, B. W., & Newbold, J. D. Streamside riparian forest buffers and water quality: impact assessment and ecological significance. *Freshwater Science*. 2014; DOI: 10.1086/675211; date of access: 16.10.2025.
- 74.Todorova, K. Interactions of lead with other heavy metals (cadmium, nickel and zinc) in toxic effects on the histological structure of gills of the common carp

- Cyprinus carpio Linnaeus, 1758. Acta Zoologica Bulgarica. 2019; date of access: 16.10.2025.
75. United Nations Water. The United Nations World Water Development Report 2023: Water for Sustainable Development. Paris: UNESCO, 2023. [URL: <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2023>; date of access: 18.11.2025]
76. van der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen, N. P. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2017. 13:51–63. DOI: 10.1016/S1382-6689(02)00126-6. Дата звернення: 31.10.2025.
77. van Gils, J. The European collaborative project SOLUTIONS developed models to provide diagnostic and prognostic capacity and fill data gaps for chemicals of emerging concern. Environmental Sciences Europe. 2019; DOI: 10.1186/s12302-019-0248-3; URL: <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0248-3>; date of access: 16.10.2025.
78. Walsh, A.N., & Mason, S.A. Microplastic pollution in riverine systems: sources, transport mechanisms and ecological risks. Environmental Pollution. 2017; DOI: 10.1016/j.envpol.2016.11.056; date of access: 16.10.2025.
79. Wang, X., Li, S., Huang, J. Integrating environmental education into water pollution management: a systems-thinking approach. Journal of Environmental Education. 2017. Дата звернення: 31.10.2025.
80. Web of Science – Режим доступу: <https://www.webofscience.com> [Дата звернення: 01.12.2025]
81. Weller, D. Complex interactions between weather, and microbial and physicochemical water quality impact the likelihood of detecting foodborne pathogens in agricultural water. Frontiers in Microbiology. 2020; 11: 134. DOI: 10.3389/fmicb.2020.00134; date of access: 18.11.2025.
82. Winston, R. J. Water quality performance of a permeable pavement and stormwater harvesting treatment train stormwater control measure. Blue-Green Systems. 2020; 2: 914. DOI: 10.2166/bgs.2020.914; URL: <https://doi.org/10.2166/bgs.2020.914>; date of access: 18.11.2025.

83. World Health Organization (WHO). Drinking-water. Geneva: WHO, 2022. [URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>; date of access: 18.11.2025]
84. Wu, P. Environmental occurrences, fate, and impacts of microplastics. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019; DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.109612. URL: <https://doi.org/10.1128/AEM.04086-14>; date of access: 18.11.2025.
85. Yilmaz, H., Demir, S., Aksoy, F. Agricultural impacts on nutrient concentrations in Turkish surface waters. *Anatolian Journal of Water Research*. 2017. 9(2):88–102. Дата звернення: 31.10.2025.
86. Zhang, W. W. Microplastic pollution in the Bohai Sea. *Environmental Pollution*. 2017; 231: 541–548. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.08.058; date of access: 18.11.2025.
87. Zhang, W., Zhang, S., Wang, J., & Wang, Y. Microplastic accumulation in lake and reservoir sediments: distribution patterns and environmental implications. *Science of the Total Environment*. 2019; DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.133728; date of access: 16.10.2025.
88. Zhang, X., Li, P., & Chen, Y. Oxidative damage induced by heavy metals in freshwater species: cellular mechanisms and defense responses. *Aquatic Toxicology*. 2017; DOI: 10.1016/j.aquatox.2017.07.011; date of access: 16.10.2025.
89. Zhang, Y., Li, A., Zhao, R., & Chen, H. Removal of nutrients and suspended solids by riparian buffer systems: A comprehensive review. *Ecological Engineering*. 2018; DOI: 10.1016/j.ecoleng.2018.02.007; date of access: 16.10.2025.
90. Zheng, X. Derivation of aquatic life criteria for four phthalate esters and their ecological risk assessment in Liao River. *Chemosphere*. 2019; DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.12.047; URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.047>; date of access: 16.10.2025.
91. Zhou, Y., Romano, L., Vitale, S. Educational modelling for understanding aquatic pollution processes. *European Environmental Pedagogy Review*. 2015. Дата звернення: 31.10.2025.

92. Биков В. Онлайн-освітнє середовище та цифровізація освіти / В. Биков. – Київ : Освіта, 2020. – 256 с. [Дата звернення: 01.12.2025]
93. Бондаренко Т. В. Інформаційна компетентність учнів: теорія та методика формування / Т. В. Бондаренко. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2018. – 212 с. [Дата звернення: 01.12.2025]
94. Васильєва Т. А. Цифрові технології в освіті: сучасний досвід, проблеми та перспективи / ред.: Т. А. Васильєва, Ю. М. Петрушенко. – Суми : Сум. держ. ун-т, 2022. – 150 с. [Дата звернення: 03.12.2025]
95. Гаврилюк О. М. Педагогічний експеримент: методологія та практичне застосування / О. М. Гаврилюк. – Львів : ЛНУ, 2017. – 156 с. [Дата звернення: 03.12.2025]
96. Гойко О. В. Практичне використання пакета STATISTICA для аналізу медико-біологічних даних: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О. В. Гойко. – Київ, 2004. – 76 с. [Дата звернення: 03.12.2025]
97. Гуменюк Г. Б., Сверстюк А. С., Швець М. С., Гунька В. Я. Аналітичний огляд літературних джерел при дослідженні якості ґрунтів за допомогою CiteSpace та Web of Science // Актуальні питання біології та медицини : збірник наукових праць за матеріалами XX Всеукраїнської наукової конференції. – 2024. – С. 23–25. – Дата звернення: 03.10.2025.
98. Ковальчук О. М. Дослідницька компетентність у середній школі: концептуальні підходи та практичні аспекти / О. М. Ковальчук // Педагогіка і психологія. – 2020. – № 2. – С. 45–53. [Дата звернення: 01.12.2025]
99. Кузьменко А. В. Цифрові інструменти у навчанні: методика використання в школі / А. В. Кузьменко. – Київ : Видавництво «Освіта», 2019. – 184 с. [Дата звернення: 03.12.2025]
100. Лисенко Н. П. Цифрові технології в освіті: формування компетентностей сучасного учня / Н. П. Лисенко. – Київ : Видавничий дім «Освіта України», 2019. – 200 с. [Дата звернення: 01.12.2025]
101. Лівшиць М. Розвиток навичок інформаційного пошуку у школярів / М. Лівшиць. – Київ : Наукова думка, 2022. – 168 с. [Дата звернення: 01.12.2025]

102. Мороз О. І. Онлайн-гуртки та позакласна діяльність: організаційно-методичні аспекти / О. І. Мороз // Освітні технології. – 2021. – № 1. – С. 12–19. [Дата звернення: 01.12.2025]
103. Петренко І. П. Формування дослідницької компетентності учнів засобами інформаційних технологій / І. П. Петренко // Біологія і хімія в школі. – 2020. – № 4. – С. 22–30. [Дата звернення: 03.12.2025]
104. Пометун О. Організація дослідницької діяльності учнів у позаурочний час / О. Пометун. – Київ : Педагогічна преса, 2018. – 144 с. [Дата звернення: 01.12.2025]
105. Романенко Т. В. Методика інтеграції наукових баз даних та аналітичних програм у навчальний процес / Т. В. Романенко // Освітні інновації. – 2021. – № 3. – С. 55–63. [Дата звернення: 03.12.2025]
106. Савченко Л. В. Інформаційно-цифрова компетентність старшокласників у навчанні природничих дисциплін / Л. В. Савченко. – Харків : ХНПУ, 2020. – 176 с. [Дата звернення: 01.12.2025]
107. Сніжко М. В. Використання алгоритмічного тестування у навчальному процесі / М. В. Сніжко // Вісник Київського університету імені Бориса Грінченка. – 2022. – № 3. – С. 45–53. [Дата звернення: 03.12.2025]
108. Спірін О. Сучасні підходи до організації навчання в цифровому середовищі / О. Спірін. – Київ : Ліра, 2019. – 184 с. [Дата звернення: 01.12.2025]
109. Швець М., Сокіл Б., Сверстюк С., Гуменюк Г., Сверстюк А. Аналіз літератури при дослідженні якості водних ресурсів із використанням наукометричної бази SCOPUS // Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. – 2024. – С. 51–55. – Дата звернення: 03.10.2025.
110. Шевченко М. О. Системний підхід до формування інформаційно-дослідницької компетентності старшокласників / М. О. Шевченко. – Дніпро : ДНУ, 2020. – 142 с. [Дата звернення: 03.12.2025]

АНОТАЦІЯ

Швець. М. С. ВИКОРИСТАННЯ НАУКОВОГО ПРОГРАМНОГО ІНСТРУМЕНТУ CITE SPACE В ПОЗАКЛАСНІЙ РОБОТІ З БІОЛОГІЇ І ЕКОЛОГІЇ / Швець Мар'яна Сергіївна; ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, хіміко-біологічний факультет, кафедра загальної біології та методики навчання природничих дисциплін; наук. Кер. Гуменюк Г.Б. – Тернопіль, 2025.– 106с.

Кваліфікаційна робота присвячена наукометричному аналізу наукових публікацій з проблематики якості води із використанням міжнародних баз даних Google Scholar, Scopus та Web of Science і програмного середовища CiteSpace. У роботі здійснено системний аналіз сучасного наукового дискурсу у сфері оцінки та моніторингу якості водних ресурсів, визначено основні тенденції розвитку досліджень, провідні країни, наукові установи, авторів і тематичні напрями. На основі бібліометричних і мережевих методів побудовано карти знань, кластери ключових термінів і спільно цитованих публікацій, що дозволило ідентифікувати домінуючі та перспективні напрями досліджень, зокрема проблеми нових контамінантів, мікропластику, екологічного стану водних екосистем, фотохімічних процесів та природоорієнтованих рішень. Окрему увагу приділено педагогічному аспекту дослідження — обґрунтовано доцільність використання інструментів науково-інформаційного пошуку та CiteSpace у формуванні інформаційно-дослідницької компетентності учнів старших класів у процесі навчання біології. Розроблено та апробовано модель організації онлайн-гуртка «ІнфоПошук», проведено педагогічний експеримент і підтверджено ефективність застосування наукометричних інструментів у навчальному процесі. Результати роботи можуть бути використані в науково-дослідній діяльності, екологічному моніторингу та освітній практиці закладів загальної середньої освіти.

Ключові слова: якість води, наукометричний аналіз, бібліометрія, Scopus, Web of Science, Google Scholar, CiteSpace, карти знань, дослідницька компетентність, біологічна освіта.

ABSTRACT

Shvets M. S. USE OF THE SCIENTIFIC SOFTWARE TOOL CITESPACE IN EXTRACURRICULAR BIOLOGY AND ECOLOGY ACTIVITIES / Shvets Mariana; Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Faculty of Chemistry and Biology, Department of General Biology and Methods of Teaching Natural Sciences; supervisor of scientific work Humeniuk. H. B. – Ternopil, 2025. – 106 p.

The qualification thesis is devoted to a scientometric analysis of scientific publications on water quality issues using the international databases Google Scholar, Scopus, and Web of Science, as well as the CiteSpace software environment. The study provides a systematic analysis of the contemporary scientific discourse in the field of water quality assessment and monitoring, identifies the main research trends, leading countries, scientific institutions, authors, and thematic areas. Based on bibliometric and network analysis methods, knowledge maps, clusters of key terms, and co-cited publications were constructed, which made it possible to identify dominant and promising research directions, including emerging contaminants, microplastics, ecological status of aquatic ecosystems, photochemical processes, and nature-based solutions. Special attention is paid to the pedagogical aspect of the research, substantiating the feasibility of using scientific information retrieval tools and CiteSpace in the formation of research competence of senior secondary school students in the process of biology education. A model for organizing the online club “InfoSearch” was developed and tested, a pedagogical experiment was conducted, and the effectiveness of using scientometric tools in the educational process was confirmed. The results of the study can be applied in scientific research activities, environmental monitoring, and educational practice of general secondary education institutions.

Keywords: water quality, scientometric analysis, bibliometrics, Scopus, Web of Science, Google Scholar, CiteSpace, knowledge maps, research competence, biological education.