

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата географічних наук, доцента, доцента кафедри конструктивної географії і картографії Львівського національного університету імені Івана Франка, Ольги Василівни Пилипович

на дисертацію Бицюри Леоніда Олексійовича на тему: «Геоєкологічна оцінка антропогенного впливу урбанізованих територій Кременця та Дубно на забруднення річки Іква», подану до захисту у спеціалізовану вчену раду Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю.

**Актуальність теми дисертації, зв'язок із науковими програмами, темами.**

Сучасний екологічний стан поверхневих вод України характеризується значним рівнем антропогенної трансформації, що проявляється у зростанні обсягів комунального, промислового та аграрного забруднення, деградації прибережних захисних смуг, евтрофікації водойм та погіршенні гідрохімічних показників. Особливо вразливими до таких процесів є річки в межах урбанізованих територій, де поєднується вплив стічних вод, поверхневого змиву із забудованих площ та трансформації природної структури водозборів.

Річка Іква в межах міст Кременець і Дубно зазнає комплексного антропогенного навантаження, однак сучасні геоєкологічні дослідження її стану залишаються недостатньо системними та фрагментарними. Водночас органи місцевого самоврядування та суб'єкти управління водними ресурсами потребують науково обґрунтованих підходів до оцінювання екологічного стану річки, прогнозування змін якості води та розроблення ефективних природоохоронних заходів.

Актуальність роботи посилюється необхідністю впровадження сучасних методів обробки та аналізу екологічних даних, зокрема математичного моделювання, геоінформаційних технологій та інструментів статистичного аналізу, що дозволяють підвищити об'єктивність оцінювання екологічного стану водних об'єктів і забезпечити інформаційну підтримку управлінських рішень у сфері водокористування та охорони довкілля.

Дослідження геоєкологічного стану річки Іква в межах урбанізованих територій міст Кременець і Дубно є актуальним як у науковому, так і у прикладному аспектах, оскільки спрямоване на вдосконалення підходів до моніторингу та оцінювання стану поверхневих вод, а також на обґрунтування заходів щодо екологічної оптимізації річкових систем в умовах зростаючого антропогенного навантаження.

Актуальність дослідження підтверджується ще й тим, що робота пов'язана із Програмою охорони навколишнього природного середовища у Тернопільській області на 2021-2027 роки (затверджена рішенням Тернопільської обласної ради від 03 лютого 2021 року № 58) та Планом управління річковим басейном Дніпра

на 2025–2030 роки. Окрім цього автор виконував дослідження за темою науково-дослідної роботи кафедри екології та охорони здоров'я Західноукраїнського національного університету «Валідація методик комбінованого екологічного моніторингу водних ресурсів та ґрунтів засобами машинного навчання (державний реєстраційний номер 0125U003562).

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

*Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації, забезпечується використанням сучасних теоретико-методичних підходів геоecологічних досліджень, комплексним характером виконаного аналізу, застосуванням системного, ландшафтного та екосистемного підходів, а також значним обсягом опрацьованих наукових, статистичних і фондових матеріалів.*

Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням офіційних даних державних суб'єктів моніторингу довкілля (Українського гідрометеорологічного центру, Державного агентства водних ресурсів), матеріалів власних спостережень за станом поверхневих вод річки Іква, даних щодо якості атмосферного повітря та антропогенного навантаження на територію дослідження. У роботі застосовано сучасні методи геоecологічного аналізу, статистичного опрацювання даних, кореляційного аналізу, математичного моделювання та алгоритми виявлення аномалій, що дозволило забезпечити об'єктивність оцінки екологічного стану досліджуваної території.

Обґрунтованість запропонованих рекомендацій щодо покращення екологічного стану річки Іква забезпечується врахуванням вимог Водної рамкової директиви ЄС, положень Плану управління річковим басейном Дніпра та регіональних природоохоронних програм. Практична значущість результатів підтверджується можливістю їх використання для вдосконалення системи геоecологічного моніторингу, підтримки управлінських рішень у водокористуванні та реалізації природоохоронних заходів на регіональному рівні.

Зміст роботи, здебільшого, відповідає поставленим у вступі завданням. Структура дисертаційної роботи містить п'ять розділів.

Перший розділ дисертації присвячений теоретико-методологічним засадам геоecологічних досліджень антропогенізованих річкових систем та нормативно-правовим аспектам моніторингу водних ресурсів в Україні. Автором опрацьовано значний обсяг наукових джерел, розкрито сутність геоecологічного, системного, ландшафтного, екосистемного та басейнового підходів, а також охарактеризовано сучасну систему моніторингу поверхневих вод. Позитивним є використання міждисциплінарного підходу та увага до сучасних методів аналізу даних і математичного моделювання. Загалом перший розділ створює необхідне теоретико-методологічне підґрунтя для подальших досліджень, однак потребував би більшої аналітичності, лаконічності та конкретизації авторських наукових позицій.

У другому розділі роботи здійснено аналіз природних умов території досліджень.

Третій розділ містить детальний опис джерел антропогенного впливу на основні компоненти довкілля. Проаналізовано динаміку викидів стаціонарних та пересувних джерел. Встановлено, що транспорт є основним забруднювачем атмосферного повітря (понад 75%), а в промисловому секторі ключову роль відіграють підприємства харчової та газової галузей. Охарактеризовано стан р. Іква. Виявлено критичну проблему, що пов'язана з скиданням значних обсягів забруднених стічних вод через застарілість очисних споруд у містах Дубно та Кременець. Окрему увагу приділено впливу меліорації та воєнних дій (ракетні удари по нафтобазах). Порівняно структуру економіки двох громад (промислово-харчовий профіль Дубна проти диверсифікованого аграрно-лісового профілю Кременця).

Четвертий та п'ятий розділи є основними у дисертаційній роботі, адже тут представлено результати власних досліджень. Розділи присвячені комплексному дослідженню трансформації гідрохімічного стану річки Іква під впливом антропогенних чинників та надзвичайних ситуацій воєнного характеру. Обґрунтовано генезис забруднюючих речовин через кореляційні матриці. Виявлено пряму залежність між органічним навантаженням та дефіцитом розчиненого кисню, а також підтверджено тренд на зменшення показника твердості води впродовж періоду досліджень. Позитивним аспектом є те, що автор не обмежується лише констатацією тенденції до зменшення твердості води, а розглядає можливі екологічні та біологічні наслідки таких змін для водних екосистем.

Наукові положення та висновки дисертації ґрунтуються на комплексному аналізі природних умов басейну річки Іква, особливостей антропогенного навантаження, сучасного стану водних ресурсів та функціонування природно-антропогенних геосистем. Отримані результати є логічно узгодженими, не суперечать відомим науковим положенням у галузі геоєкології та підтверджуються встановленими закономірностями взаємозв'язків між гідрохімічними показниками, особливостями просторової диференціації антропогенного впливу та результатами моніторингових спостережень.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

1) Вперше встановлено особливості кореляційних взаємозв'язків між показниками якості води, зокрема між азотовмісними сполуками, фосфатами, БСК<sub>5</sub>, твердістю та гідрокарбонатами, що дозволило ідентифікувати ймовірні джерела антропогенного навантаження та оцінити потенційні екологічні ризики.

2) Удосконалено методичний підхід до оцінювання динаміки змін гідрохімічних показників шляхом використання моделей часових рядів для виявлення довгострокових тенденцій зміни твердості води та концентрації гідрокарбонатів.

3) Наукова новизна роботи підтверджується розробленням та патентуванням технічних рішень у сфері екологічної безпеки водних об'єктів, зокрема способів аерації водойм, водозабірною вузла для підвищення

ефективності насичення води киснем та способу відводу придонного шару води для зменшення негативного впливу застійних процесів і накопичення забруднювачів. Отримані результати захищено трьома патентами України на корисну модель: №155812, №156045 та №156585.

### **Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях та відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.**

Основні наукові положення та результати досліджень Л. О. Бицюри викладені у 12 наукових фахових (усі у співавторстві), з них одна публікація у бібліографічній базі Scopus <https://www.mdpi.com/2073-4441/17/21/3148> П'ять праць опубліковано у матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій. Практична цінність та прикладний характер дисертаційного дослідження підтверджуються наявністю у дисертанта трьох патентів України на корисну модель, що стосуються технологій покращення екологічного стану водних об'єктів та оптимізації процесів водоочищення й аерації. Наявність зазначених патентів свідчить про достатній рівень науково-технічної новизни отриманих результатів, їх практичну спрямованість та можливість подальшого впровадження у сфері екологічної безпеки, водоочищення та управління станом водних об'єктів.

Дисертація містить такі структурні підрозділи: вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел (127 пунктів) та додатки.

Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 242 сторінки, у тому числі 167 сторінок основного тексту, робота ілюстрована 25 рисунками та 43 таблицями, більшість з яких є авторськими. Дисертацію оформлено відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України.

Порушень академічної доброчесності не виявлено. Дисертація є самостійним науковим дослідженням, ознак академічного плагіату, фабрикації або фальсифікації не виявлено. Коефіцієнт подібності становить 8,65 %, що підтверджено відповідним документом перевірки роботи на антиплагіат.

### **Значення роботи для науки, практики та суспільства.**

Практична цінність роботи полягає у запропонованих рекомендаціях щодо модернізації транспортної інфраструктури, впровадження систем моніторингу якості повітря та води, розвитку екологічного громадського транспорту, а також удосконалення природоохоронних заходів у межах досліджуваних громад. Запропоновані підходи можуть бути використані органами місцевого самоврядування, екологічними службами та установами, відповідальними за управління природними ресурсами.

Практичне значення дослідження поверхневих вод р. Іква полягає не просто в загальному моніторингу якості води, а в отриманні конкретного інструментарію для управлінських рішень на рівні громад і басейну річки. По-перше, проведений комплексний гідрохімічний аналіз із використанням кореляційних матриць і часових рядів дозволяє не лише фіксувати факт забруднення, а й встановлювати механізми його формування. Це дає змогу органам влади та екологічним службам переходити від реактивного контролю до

превентивного управління якістю води. По-друге, виявлені стійкі кореляційні зв'язки між показниками (зокрема між БСК<sub>5</sub>, розчиненим киснем, азотними та фосфорними сполуками) дають можливість швидше діагностувати тип забруднення навіть за обмеженої кількості вимірювань.

Результати дослідження дозволяють обґрунтувати конкретні природоохоронні заходи для різних ділянок річки: для міської зони Дубна, посилення контролю за скидами та модернізація очисних споруд, для верхньої ділянки – підтримка природного режиму та мінімізація дифузного сільськогосподарського впливу.

### **Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертаційної роботи.**

Окремі положення дисертаційного дослідження мають суперечливе трактування, а отже є дискусійними, а саме:

1. У першому розділі дисертаційного дослідження відсутня чіткість і послідовність у трактуванні наукових термінів, зокрема, дисертант вживає терміни «екологічні дослідження» «геоекологічні дослідження» і часто використовує їх як синоніми. Дисертанту слід було систематизувати послідовність впровадження у науковий обіг цих термінів, і зробити відповідні цитування класичних наукових праць.
2. Серед положень, винесених автором до наукової новизни, наведено аналіз заходів Плану управління річкового басейну Дніпра та регіональних програм покращення екологічного стану річки Ікви. Проте такий результат радше характеризує виконання аналітичного етапу дослідження і не містить достатніх ознак наукової новизни, оскільки аналіз програмних документів та оцінювання ефективності природоохоронних заходів є поширеним підходом у басейнових екологічних дослідженнях. Також, твердження щодо формування моніторингової мережі та простеження впливу забруднення мають описовий характер і не повною мірою розкривають, які саме положення отримано вперше, удосконалено або набули подальшого розвитку.
3. Методична частина розділу загалом є актуальною, однак опис використання математичних методів і моделей має здебільшого декларативний характер. Недостатньо обґрунтовано вибір конкретних алгоритмів, не наведено оцінки їх переваг і обмежень для геоекологічних досліджень водних систем.
4. Природні характеристики описані детально у другому розділі але не показано їх зв'язок із предметом роботи. Варто частіше пояснювати: як геологічна будова впливає на сучасні геоекологічні процеси; як кліматичні умови впливають на ризики підтоплення, ерозії чи урбанізаційні процеси; яке значення має рослинний покрив для екологічної стійкості території.
5. У підрозділі 2.3 «Поверхневі води» недостатньо повно охарактеризовано гідрологічний режим р. Іква. Зокрема, відсутні дані про середні, мінімальні та максимальні витрати води в межах м. Дубно та м. Кременець, що не дозволяє повною мірою оцінити водність річки, сезонну динаміку стоку та

ризика підтоплення території. Чи враховував автор при аналізі концентрацій забруднюючих речовин витрати води у моменти відбору проб?

6. Текст третього розділу містить багато статистичних даних, взятих із регіональних доповідей та звітів. Для дисертації важливо показати власний внесок. Наприклад, замість простого перерахування таблиць, варто було додати розрахунок інтегрального антропогенного навантаження або авторське картографування зон впливу. В аналізі впливу твердих побутових відходів не зазначено де саме розміщуються ці об'єкти, на якій відстані від русла р. Іква, чи є ризик потрапляння інфільтрату у річку тощо. У цьому ж розділі критично бракує авторських геоecологічних карт (забруднення повітря, щільності викидів, стану водоохоронних зон, локації об'єктів забруднень тощо), створених на основі наведених цифр.
7. У висновках до четвертого розділу (ст. 150) наведено загальні формулювання («значний вплив», «стійкі взаємозв'язки», «вища інтенсивність»), однак недостатньо конкретизовано числові параметри встановлених залежностей, кратність перевищення ГДК та величини виявлених трендів. У тексті розділу наведено дані щодо пестицидів, поліароматичних вуглеводнів і фармацевтичних препаратів, однак у підсумкових висновках ці результати практично не узагальнені.
8. У роботі дисертант декларує важливість положень Водної рамкової директиви ЄС та басейнового підходу в управлінні водними ресурсами, однак практична реалізація цього підходу в аналізі є обмеженою. Представлені дані та їх інтерпретація переважно базуються на адміністративно-територіальному принципі, тоді як басейнова логіка управління застосована фрагментарно. У подальших дослідженнях доцільно більш повно інтегрувати басейновий принцип як основу просторового аналізу гідроекологічних процесів.
9. Висновки дисертаційної роботи загалом відповідають поставленим завданням, однак значна їх частина має описовий характер. У висновках недостатньо відображено результати власних досліджень автора, зокрема відсутні конкретні кількісні показники, статистичні характеристики, результати розрахунків та узагальнення отриманих закономірностей, що знижує рівень їх наукової переконливості.

#### **Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам.**

Дисертаційна робота Бицюри Леоніда Олексійовича на тему: «Геоecологічна оцінка антропогенного впливу урбанізованих територій Кременця та Дубно на забруднення річки Іква» є завершеною, самостійною працею, в якій отримано науково обґрунтовані теоретичні й практичні результати. Робота присвячена вирішенню важливого і актуального науково-прикладного завдання – здійснення геоecологічної оцінки антропогенного впливу урбанізованих територій Кременця та Дубно на забруднення річки Іква».

Дисертаційна робота охоплює широкий спектр методів аналізу: кореляційний аналіз, дослідження часових рядів, оцінювання кратності перевищення ГДК, аналіз ефективності очищення стічних вод та виявлення аномалій методом Isolation Forest. Це забезпечує багаторівневу оцінку екологічного стану водного об'єкта. Автором проаналізовано результати лабораторних досліджень за кількома контрольними точками та різними датами спостережень, що дозволило простежити просторову і часову динаміку гідрохімічних показників. Застосування теплових карт кореляції, часових рядів Prophet та алгоритму Isolation Forest свідчить про використання сучасного інструментарію аналізу екологічних даних.

Дисертаційна робота Бицюри Леоніда Олексійовича на тему: «Геоекоекологічна оцінка антропогенного впливу урбанізованих територій Кременця та Дубно на забруднення річки Іква», що подана на здобуття ступеня доктора філософії, відповідає спеціальності 103 «Науки про Землю» галузі знань 10 «Природничі науки» та вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44 зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України від 21.03.2022 року № 341 та від 19.05.2023 року № 502, а також «Вимогам до оформлення дисертації», затверджених Наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40, а її автор, Бицюра Леонід Олексійович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 103 «Науки про Землю».

**Офіційний опонент:**

кандидат географічних наук, доцент,  
доцент кафедри конструктивної географії  
і картографії Львівського національного  
університету імені Івана Франка

Ольга ПИЛИПОВИЧ

