

Голові разової спеціалізованої
вченої ради PhD 16003
Чорноморського національного
університету імені Петра Могили,
доктору біологічних наук, професору
ГРИГОР'ЄВИЙ Людмилі Іванівні

ВІДГУК

офіційного опонента, **КВАТЕРНЮКА Сергія Михайловича**, доктора технічних наук, професора, професора кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля Вінницького національного університету на дисертаційну роботу на дисертаційну роботу **Маца Андрія Дмитровича** на тему «**Оцінка впливу змін клімату на стан поверхневих вод**», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю **101 «Екологія»** галузі знань **10 «Природничі науки»**

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Сучасні кліматичні зміни є одним із найвагоміших чинників трансформації природних екосистем та належать до кола глобальних викликів, що визначають пріоритети міжнародної екологічної політики і державної політики більшості країн світу. Особливо гостро наслідки потепління клімату проявляються у водному секторі, оскільки саме поверхневі води першими реагують на зміни температурного режиму, режиму атмосферних опадів, інтенсивності випаровування та частоти виникнення екстремальних гідрометеорологічних явищ. Водночас вплив кліматичних процесів значно ускладнюється антропогенним навантаженням, що потребує комплексного наукового аналізу взаємодії природних і техногенних чинників.

Для України проблема збереження поверхневих водних ресурсів має особливе значення в умовах сучасних кліматичних трансформацій, оскільки впродовж останніх десятиліть простежується тенденція до підвищення

температури повітря, скорочення водності річок, погіршення гідрохімічного стану водойм та збільшення ризиків виникнення дефіциту якісної прісної води. Особливо вразливими залишаються південні регіони держави, де природний дефіцит водних ресурсів поєднується із високим антропогенним навантаженням, значною зарегульованістю річкових систем та інтенсивним господарським використанням водних об'єктів. За таких умов питання наукового обґрунтування впливу кліматичних чинників на функціонування поверхневих водних екосистем набуває не лише теоретичного, а й важливого практичного значення.

Актуальність представленої дисертаційної роботи визначається необхідністю комплексного дослідження закономірностей впливу кліматичних змін на стан поверхневих вод із використанням сучасних методів екологічного моніторингу, математичного моделювання, статистичного аналізу та дистанційного зондування Землі. Обраний автором об'єкт дослідження – річка Південний Буг у межах міста Миколаєва – є репрезентативною моделлю складної урбанізованої гідроекосистеми, де поєднуються наслідки кліматичних змін, висока антропогенна трансформація басейну та специфічні природно-гідрологічні умови. Такий підхід дозволив не лише оцінити характер взаємозв'язків між кліматичними показниками та якістю поверхневих вод, а й визначити відносну роль кліматичних і некліматичних чинників у формуванні сучасного екологічного стану річкової екосистеми.

Безсумнівною перевагою дисертаційної роботи є її комплексний міждисциплінарний характер. Автор вдало поєднав підходи системної екології, гідрохімії, кліматології, геоінформаційного аналізу, математичного моделювання та статистичних методів оброблення даних. Особливої уваги заслуговує використання сучасних супутникових платформ та геоінформаційних технологій для оцінювання просторово-часових змін стану водної екосистеми, що значно підвищує наукову цінність одержаних результатів та їхню практичну значущість.

Важливо підкреслити, що дисертація виконана в період, коли питання екологічної безпеки водних ресурсів набули для України особливого значення внаслідок одночасного впливу глобальних кліматичних змін, зростання антропогенного навантаження та необхідності адаптації національної системи управління водними ресурсами до європейських вимог інтегрованого басейнового менеджменту. Саме тому результати дослідження мають не лише наукову новизну, але й суттєве прикладне значення для удосконалення системи моніторингу поверхневих вод, прийняття управлінських рішень та розроблення адаптаційних заходів щодо забезпечення екологічної безпеки водних ресурсів.

Отже, тема дисертаційної роботи Маца Андрія Дмитровича є своєчасною, актуальною, науково та практично значущою, а проведене дослідження повністю відповідає сучасним напрямам розвитку екологічної науки та потребам практики управління водними ресурсами.

Зв'язок дисертації з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження виконано відповідно до основних напрямів наукової діяльності кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили та безпосередньо пов'язане з виконанням науково-дослідної теми «Екологічна безпека водних ресурсів» («Water Security») (державний реєстраційний номер 0124U004562).

Тематика роботи органічно узгоджується із сучасними пріоритетами державної екологічної політики України, положеннями Закону України «Про основні засади державної кліматичної політики», вимогами Водної рамкової директиви Європейського Союзу та концепцією інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом. Виконане дослідження також відповідає стратегічним напрямам розвитку екологічної науки, спрямованим на забезпечення екологічної безпеки, адаптацію природокористування до змін клімату та вдосконалення системи моніторингу стану поверхневих вод.

Отримані результати логічно інтегруються у комплекс сучасних досліджень, присвячених оцінюванню впливу кліматичних змін на

функціонування водних екосистем, розвитку математичного моделювання екологічних процесів та науковому забезпеченню прийняття управлінських рішень у сфері сталого використання й охорони водних ресурсів. Це свідчить про належний рівень відповідності дисертації державним, галузевим та університетським науковим програмам, а також підтверджує її актуальність у контексті сучасних викликів розвитку екологічної науки.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Аналіз змісту дисертаційної роботи свідчить, що сформульовані автором наукові положення, висновки та практичні рекомендації є достатньо обґрунтованими, логічно взаємопов'язаними та підтверджуються результатами комплексних теоретичних і експериментальних досліджень.

Методологічною основою роботи є системний підхід до дослідження екологічного стану поверхневих вод в умовах сучасних кліматичних змін, що передбачає інтеграцію методів кліматологічного аналізу, гідрохімічних досліджень, математичної статистики, кореляційно-регресійного аналізу, геоінформаційного моделювання та дистанційного зондування Землі. Такий комплексний підхід дозволив автору розкрити причинно-наслідкові зв'язки між зміною кліматичних чинників та трансформацією гідрохімічних показників поверхневих вод, а також оцінити роль антропогенних факторів у формуванні сучасного екологічного стану річки Південний Буг.

Дисертаційне дослідження базується на значному масиві фактичного матеріалу, сформованому за результатами багаторічних спостережень за кліматичними показниками та показниками якості поверхневих вод, власних польових досліджень автора, лабораторних аналізів, а також використання офіційних даних Українського гідрометеорологічного центру, Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського, басейнових організацій водних ресурсів та інших профільних установ. Використання різних незалежних джерел інформації значно підвищує достовірність отриманих результатів та забезпечує належний рівень їх статистичної надійності.

Важливою перевагою роботи є застосування сучасних математичних методів аналізу даних. Автором проведено кореляційний та регресійний аналіз залежностей між кліматичними показниками та гідрохімічними характеристиками поверхневих вод, визначено коефіцієнти детермінації моделей, оцінено статистичну значущість виявлених закономірностей та здійснено їх наукову інтерпретацію. Отримані результати дозволили обґрунтовано встановити вплив підвищення температури повітря, зміни режиму атмосферних опадів та інших кліматичних факторів на показники якості поверхневих вод досліджуваної річкової системи.

Наукові положення дисертації характеризуються внутрішньою логічною послідовністю. Кожний наступний розділ закономірно продовжує попередній: від аналізу сучасного стану наукової проблеми та нормативно-методичного забезпечення досліджень до власних експериментальних результатів, їх математичного узагальнення, прогнозування змін екологічного стану поверхневих вод та розроблення практичних рекомендацій щодо удосконалення системи моніторингу. Така структура забезпечує цілісність дослідження та переконливо підтверджує сформульовані автором висновки. Особливо слід відзначити, що запропоновані рекомендації щодо використання математичного моделювання, геоінформаційних технологій та сучасних засобів дистанційного зондування для прогнозування екологічного стану поверхневих вод є логічним продовженням отриманих результатів дослідження та випливають із проведеного аналізу. Практичні рекомендації не мають декларативного характеру, а базуються на конкретних результатах експериментальних досліджень, що підтверджує їх наукову обґрунтованість. Таким чином, наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо аргументованими, взаємопов'язаними та повною мірою відповідають поставленій меті й завданням дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів. Дисертаційна робота Маца Андрія Дмитровича містить нові науково обґрунтовані результати, які є

вагомим внеском у розвиток екології водних екосистем та екологічного моніторингу в умовах кліматичних змін.

Наукова новизна дослідження полягає насамперед у комплексному вирішенні актуального наукового завдання щодо оцінювання впливу сучасних кліматичних змін на екологічний стан поверхневих вод урбанізованої ділянки річки Південний Буг із застосуванням інтегрованого підходу, що поєднує багаторічний аналіз кліматичних показників, результати гідрохімічного моніторингу, методи математичного моделювання, статистичного аналізу та дистанційного зондування Землі.

До найбільш вагомих результатів, що характеризуються елементами наукової новизни, слід віднести:

- удосконалення науково-методичних підходів до комплексного оцінювання впливу кліматичних чинників на якість поверхневих вод шляхом інтеграції гідрохімічних, кліматичних та просторових показників у єдину систему аналізу;
- встановлення статистично підтверджених закономірностей між змінами температурного режиму, атмосферних опадів та основними показниками якості поверхневих вод, що дозволило кількісно оцінити характер і силу взаємозв'язків між досліджуваними процесами;
- подальший розвиток підходів до використання математичних моделей прогнозування зміни екологічного стану поверхневих вод в умовах сучасних кліматичних трансформацій;
- удосконалення методичних засад використання геоінформаційних технологій та супутникових даних для моніторингу водних екосистем, що розширює можливості оперативного оцінювання екологічного стану поверхневих вод;
- розроблення практичних підходів до підвищення ефективності системи екологічного моніторингу поверхневих вод із використанням сучасних цифрових технологій та інструментів просторового аналізу.

Наукова новизна роботи підтверджується також тим, що автор не обмежився встановленням окремих залежностей між кліматичними та гідрохімічними показниками, а здійснив їх комплексне узагальнення, визначив ключові фактори, що найбільшою мірою впливають на формування сучасного екологічного стану річкової екосистеми, та запропонував підходи до прогнозування її змін у перспективі.

Отримані результати є взаємопов'язаними, мають достатній рівень наукової аргументованості, характеризуються практичною спрямованістю та розширюють сучасні наукові уявлення про закономірності функціонування поверхневих водних екосистем за умов зміни клімату.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення дисертаційної роботи полягає в тому, що отримані результати можуть бути використані органами державного управління, установами, які здійснюють моніторинг довкілля, басейновими управліннями водних ресурсів, природоохоронними організаціями та закладами вищої освіти для вдосконалення системи оцінювання екологічного стану поверхневих вод і прогнозування наслідків кліматичних змін.

Запропоновані автором підходи до комплексного аналізу гідрохімічних показників, застосування математичного моделювання, геоінформаційних систем та супутникових технологій можуть бути використані під час удосконалення регіональних програм екологічного моніторингу, розроблення планів управління річковими басейнами, оцінювання екологічних ризиків та підготовки управлінських рішень у сфері охорони водних ресурсів.

Практична цінність роботи підтверджується впровадженням окремих результатів дослідження у діяльність профільних установ та використанням їх у навчальному процесі, що свідчить про затребуваність виконаних досліджень і можливість їх широкого застосування в науковій, освітній та природоохоронній практиці.

Загалом, результати дисертаційної роботи мають суттєве практичне значення для розвитку системи екологічного моніторингу поверхневих вод,

адаптації водогосподарського комплексу до наслідків зміни клімату та забезпечення екологічної безпеки водних ресурсів України.

Оцінка змісту, структури та завершеності дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Маца Андрія Дмитровича характеризується логічною структурою, внутрішньою цілісністю та послідовністю викладу матеріалу. Побудова дисертації відповідає поставленій меті та завданням дослідження. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Послідовність викладу матеріалу забезпечує системне розкриття теми дослідження – від теоретичного аналізу проблеми до формування науково обґрунтованих висновків і практичних рекомендацій.

У **вступі** автором належним чином обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, визначено методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Структура вступу відповідає вимогам, що ставляться до дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії. Позитивно слід відзначити чітке визначення логіки дослідження, що дозволяє простежити взаємозв'язок між поставленою метою, сформульованими завданнями та одержаними результатами. Вступ достатньо повно характеризує зміст роботи та формує цілісне уявлення про її наукову концепцію.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану досліджень впливу змін клімату на поверхневі води та методичних підходів до їх оцінювання. Автором опрацьовано значний масив сучасної вітчизняної та зарубіжної наукової літератури, нормативно-правових документів і міжнародних рекомендацій, що дозволило всебічно висвітлити сучасний стан проблеми. Особливу увагу заслуговує критичний аналіз існуючих підходів до оцінювання екологічного стану поверхневих вод, а також систематизація сучасних методів екологічного моніторингу та прогнозування. Автор не обмежується описом літературних джерел, а проводить їх порівняльний аналіз, визначає існуючі наукові прогалини та обґрунтовує необхідність

власного дослідження. Отже, перший розділ створює належне теоретичне підґрунтя для виконання подальших досліджень.

Другий розділ присвячено характеристиці району досліджень, обґрунтуванню методології виконання роботи та опису використаних методів дослідження. Суттєвою перевагою цього розділу є комплексність методичного забезпечення дослідження. Автор обґрунтовано поєднав класичні методи гідрохімічного аналізу із сучасними статистичними методами, геоінформаційними технологіями, дистанційним зондуванням Землі та математичним моделюванням. Такий підхід забезпечив високий рівень достовірності отриманих результатів та можливість їх комплексної інтерпретації. Важливим є те, що всі використані методи достатньо детально описані, що забезпечує відтворюваність дослідження та відповідає сучасним вимогам до наукових робіт.

У **третьому розділі** наведено результати дослідження сучасних кліматичних змін та їх взаємозв'язку зі станом поверхневих вод досліджуваної території. Автором виконано ґрунтовний аналіз багаторічних кліматичних рядів, встановлено основні тенденції зміни температурного режиму, режиму атмосферних опадів та інших метеорологічних показників. На основі статистичних методів дослідження встановлено взаємозв'язки між кліматичними характеристиками та показниками якості поверхневих вод. Безперечною перевагою розділу є використання математичного апарату для кількісної оцінки виявлених закономірностей. Це дозволило перейти від описового аналізу до науково аргументованих висновків щодо характеру впливу кліматичних змін на функціонування водної екосистеми.

Четвертий розділ є одним із найбільш змістовних у дисертації, оскільки містить результати математичного моделювання та прогнозування змін екологічного стану поверхневих вод. Автором запропоновано моделі, які дозволяють оцінювати вплив кліматичних факторів на зміну окремих гідрохімічних показників, визначено найбільш інформативні параметри прогнозування та проаналізовано їх статистичну достовірність. Позитивною

рисом цього розділу є те, що результати моделювання не розглядаються ізольовано, а співставляються з реальними даними моніторингових спостережень, що значно підвищує наукову цінність проведених досліджень.

У **п'ятому розділі** автор узагальнює результати проведених досліджень та пропонує практичні підходи до удосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих вод в умовах зміни клімату. Особливий інтерес становить інтеграція сучасних цифрових технологій, геоінформаційних систем та супутникового моніторингу у систему екологічного контролю водних об'єктів. Запропоновані рекомендації мають прикладний характер і можуть бути використані під час розроблення регіональних програм моніторингу, планів управління річковими басейнами та заходів із адаптації водогосподарського комплексу до кліматичних змін. Розділ логічно завершує дослідження, узагальнює отримані результати та демонструє практичну спрямованість дисертаційної роботи.

Загальні висновки повною мірою відповідають поставленим меті та завданням дослідження, логічно випливають зі змісту дисертації та відображають основні результати виконаної роботи. У висновках узагальнено найважливіші наукові результати, сформульовано положення, що характеризують наукову новизну дослідження, визначено практичне значення отриманих результатів та окреслено перспективи їх використання. Слід відзначити, що висновки не мають декларативного характеру, а ґрунтуються на результатах проведених досліджень, підтверджених статистичним аналізом, експериментальними даними та математичним моделюванням.

Повнота викладення результатів дослідження в опублікованих працях. Основні положення дисертаційної роботи достатньою мірою апробовані на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях та опубліковані у наукових працях автора.

Кількість, характер і рівень публікацій відповідають вимогам, встановленим для здобуття ступеня доктора філософії. Опубліковані праці достатньо повно відображають основний зміст дисертації, її наукову новизну

та практичну цінність. Представлені результати мають логічний взаємозв'язок, а їх послідовне висвітлення у публікаціях свідчить про системність проведеного дослідження.

Дотримання принципів академічної доброчесності. Дисертаційна робота виконана з дотриманням основних принципів академічної доброчесності. Аналіз змісту дисертації, характеру викладення матеріалу, оформлення бібліографічних посилань та представлення результатів власних досліджень не дає підстав вважати, що автором допущено порушення вимог академічної етики. Наукові результати, що становлять новизну дисертації, є авторськими, а використані наукові положення інших дослідників супроводжуються належними бібліографічними посиланнями. Робота має завершений самостійний характер і відповідає вимогам щодо академічної доброчесності, які висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Дискусійні зауваження та запитання до дисертаційної роботи. Високо оцінюючи науковий рівень дисертаційної роботи, її актуальність, теоретичну та практичну цінність, вважаю за доцільне висловити окремі зауваження, які мають переважно дискусійний характер і не знижують загальної позитивної оцінки проведеного дослідження.

1. У роботі значну увагу приділено побудові прогнозних математичних моделей зміни окремих показників якості поверхневих вод під впливом кліматичних чинників. Водночас дискусійним є питання щодо часового горизонту їх застосування. Чи можна, на думку автора, використовувати розроблені моделі для довгострокового прогнозування (20–30 років), чи вони є найбільш ефективними для середньострокових прогнозів за умови періодичного оновлення вхідних даних?

2. У роботі проведено оцінювання впливу кліматичних змін на низку гідрохімічних показників поверхневих вод. Однак не всі досліджувані показники характеризувалися однаковою силою статистичних зв'язків із кліматичними чинниками. Чим, на думку автора, пояснюється така різниця та

які показники можна вважати найбільш чутливими до сучасних кліматичних змін?

3. У дослідженні широко використано методи математичного моделювання та кореляційно-регресійного аналізу. При цьому науковий інтерес викликає питання щодо можливостей застосування розроблених моделей для інших річкових басейнів України. Які саме природні або антропогенні характеристики, на думку автора, можуть обмежувати можливість екстраполяції отриманих моделей на інші водні об'єкти?

4. Однією з безперечних переваг дисертації є використання сучасних геоінформаційних технологій і супутникових даних. З огляду на це, доцільно почути авторське бачення щодо перспектив інтеграції результатів дистанційного зондування Землі із системою державного моніторингу поверхневих вод України. Які показники, на думку автора, можуть бути найбільш ефективно визначені саме за допомогою дистанційних методів спостереження?

5. У дисертації запропоновано практичні рекомендації щодо вдосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих вод. Було б цікаво дізнатися, які із запропонованих заходів, на думку автора, можуть бути реалізовані в найближчій перспективі без суттєвого додаткового фінансування, а які потребуватимуть модернізації існуючої системи моніторингових спостережень?

6. Результати дослідження свідчать про суттєвий вплив сучасних кліматичних змін на екологічний стан поверхневих вод. У зв'язку з цим виникає запитання щодо перспектив подальшого розвитку виконаних досліджень. Які напрями автор вважає найбільш перспективними для підвищення точності прогнозування стану поверхневих вод в умовах подальших кліматичних змін та використання сучасних цифрових технологій?

Наведені зауваження мають рекомендаційно-дискусійний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, а відповіді на

поставлені запитання можуть стати підґрунтям для подальшого розвитку поданого наукового дослідження.

Загальний висновок. Дисертаційна робота **Маца Андрія Дмитровича** на тему **«Оцінка впливу змін клімату на стан поверхневих вод»** є завершеним, самостійно виконаним науковим дослідженням, у якому отримано нові науково обґрунтовані результати, що мають важливе значення для розвитку екології, екологічного моніторингу та охорони водних ресурсів.

За актуальністю теми, рівнем наукової новизни, обґрунтованістю наукових положень, достовірністю отриманих результатів, їх теоретичним і практичним значенням, повнотою апробації та публікації результатів дослідження дисертаційна робота відповідає вимогам, встановленим Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами), а також вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Автор дисертації – **Мац Андрій Дмитрович** – заслуговує на присудження ступеня **доктора філософії** за спеціальністю **101 «Екологія»** галузі знань **10 «Природничі науки»**.

Офіційний опонент:

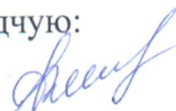
доктор технічних наук,
професор, професор кафедри
екології, хімії та
технологій захисту довкілля
Вінницького національного університету



Сергій КВАТЕРНЮК

Підпис професора Кватернюка С.М. засвідчую:

Вчений секретар



Інна ВІШТАК