

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Яцишена Анатолія Олеговича на тему:

**«Адаптація методів прогнозу туману з урахуванням їх кліматології»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань**

10 – Природничі науки за спеціальністю 103 – Науки про Землю

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційна робота Анатолія Олеговича Яцишена присвячена розв'язанню актуального науково-прикладного завдання – підвищенню ефективності локального прогнозування радіаційних туманів через поєднання кліматологічної адаптації температури туманоутворення з аналізом фізичних процесів у граничному шарі атмосфери. Обрана тема відповідає сучасним напрямкам метеорології та кліматології, у яких дедалі більшого значення набувають локалізація прогностичних процедур, урахування просторово-часової неоднорідності метеорологічних характеристик і перехід від універсальних емпіричних залежностей до методів, налаштованих на конкретний пункт спостережень.

Тумани є одним із найскладніших для прогнозування атмосферних явищ. Їх формування визначається нелінійною взаємодією радіаційного вихолоджування, вологості, вітрового режиму, стану підстильної поверхні, температурної стратифікації та турбулентного обміну. Особливо складним є прогноз радіаційного туману, для якого місцеві фізико-географічні та кліматичні особливості можуть мати визначальний вплив. Саме тому дослідження, спрямоване на встановлення кліматологічно характерних значень температури туманоутворення і на кількісне оцінювання еволюції граничного шару атмосфери, є своєчасним як у теоретичному, так і в прикладному аспектах.

Актуальність роботи посилюється її орієнтацією на метеорологічне забезпечення авіації, безпілотних систем та інших погодозалежних видів

діяльності. За умов обмеженої видимості знижується ефективність спостереження, навігації та застосування технічних засобів, а помилки в прогнозуванні часу утворення або розсіювання туману можуть мати значні оперативні наслідки. Запропонований автором підхід до використання кліматологічної температури туманоутворення як додаткового контрольного критерію відповідає сучасній логіці кліматичного обслуговування, коли багаторічні характеристики використовуються не лише для опису режиму, а й для підтримки оперативних рішень.

Важливою особливістю дослідження є намагання поєднати два рівні аналізу. Перший рівень представлений локальною кліматологією туманів на станції Київ (Жуляни) за 2012–2020 рр. Другий – фізико-діагностичним аналізом радіаційного туману на станції Lindenberg. Із використанням даних температурно-вітрового зондування та наземних спостережень. Таке поєднання дає змогу розглядати прогноз туману не лише як статистичне завдання, а як задачу, що має ґрунтуватися на фізичному розумінні еволюції стійко стратифікованого граничного шару.

Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірності та наукової новизни.

Обґрунтованість основних положень дисертації забезпечується використанням взаємодоповнюючих кліматологічних, статистичних, синоптичних, розрахункових і фізико-діагностичних методів. Автор опрацював сучасні наукові уявлення про життєвий цикл радіаційного туману, роль приземних інверсій, турбулентного перемішування та вертикальних потоків тепла. Теоретичні положення роботи співвіднесено з фактичними матеріалами наземних спостережень і радіозондування атмосфери.

Для фізико-діагностичної частини сформовано вибірку з радіаційного туману, відібраних за критеріями однорідності, внутрішньомасового характеру процесу, нічного часу утворення, тривалості не менше трьох годин та повноти аерологічної інформації. Це є позитивною рисою, оскільки дозволяє зменшити вплив процесів іншого генезису та забезпечити порівнюваність окремих

випадків. На основі розрахованих характеристик показано зміну зв'язку між коефіцієнтом турбулентного обміну і висотою граничного шару на різних стадіях існування туману: перед його утворенням коефіцієнт кореляції становив 0,84, після розсіювання – 0,86, а у фазі максимального розвитку зв'язок істотно слабшав. Одержана закономірність фізично узгоджується з посиленням інверсійної стратифікації та зміною механізмів вертикального перенесення.

Заслуговує позитивної оцінки встановлена автором нелінійність зв'язку між вертикальною потужністю туману і коефіцієнтом турбулентного обміну. Для туманів із вертикальною потужністю до 150–170 м характерне зростання коефіцієнта турбулентності, тоді як подальше збільшення потужності супроводжується його зменшенням. Цей результат конкретизує уявлення про зміну ролі локального турбулентного перенесення на різних етапах розвитку туманного шару і може бути використаний як основа для формування додаткових прогностичних критеріїв.

Кліматологічна складова роботи побудована на аналізі добово-річного розподілу туманів і температури туманоутворення на станції Київ. Автор порівняв гармонічну та поліноміальну апроксимації. Для фактичної температури туманоутворення найкращий результат отримано за двовимірним поліномом п'ятого ступеня з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,74$; для значень, визначених за методом Сандерса, $R^2 = 0,69$. Показано, що аналітична функція може використовуватися для визначення кліматологічно характерної температури туманоутворення залежно від місяця і часу доби.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному обґрунтуванні підходу, за якого кліматологічне значення температури туманоутворення використовується як додатковий критерій контролю розрахованого предиктанта; у встановленні особливостей зв'язку між вертикальною потужністю радіаційного туману та характеристиками турбулентного обміну; в обґрунтуванні можливості використання кількісних характеристик турбулентних потоків тепла для діагностики фаз утворення, розвитку та розсіювання туману. Нові положення сформульовано послідовно, вони

відображені у висновках і підтверджуються наведеними розрахунками, таблицями та графічними матеріалами.

Достовірність результатів підсилюється апробацією основних положень у трьох наукових статтях, присвячених кліматичному підходу до визначення температури туманоутворення, ролі турбулентних потоків тепла та міжрівневого обміну у граничному шарі атмосфери. Окремі результати також оприлюднено у чотирьох матеріалах наукових конференцій. Тематика публікацій безпосередньо відповідає змісту дисертаційного дослідження.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності.

Дисертація викладена на 144 сторінках і складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, трьох розділів, загальних висновків і списку використаних джерел, що містить 69 найменувань. Структура роботи загалом відповідає поставленій меті та логіці переходу від теоретичного аналізу до формування й апробації власних підходів.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, наведено наукову новизну, практичне значення, особистий внесок здобувача й відомості про апробацію. Мета дослідження узгоджується з його завданнями, а завдання знаходять відображення у структурі третього розділу та підсумкових висновках.

Перший розділ містить огляд кліматології туманів і фізичних механізмів турбулентного обміну в граничному шарі атмосфери. Розглянуто традиційні уявлення про радіаційне вихолоджування, структуру життєвого циклу туману, умови формування стійкої стратифікації та роль турбулентності. Автор не обмежується описом явища, а підводить читача до проблеми обмеженої переносимості прогностичних методів між пунктами з різними кліматичними умовами.

Другий розділ присвячено сучасним методам прогнозування радіаційного туману. Проаналізовано можливості мезомасштабних моделей, використання метеорологічних дронів, підходи до визначення температури туманоутворення,

емпіричні методи прогнозу, а також процедури оцінювання часу утворення і розсіювання. Розділ виконує важливу методологічну функцію, оскільки визначає місце запропонованої адаптації серед традиційних і сучасних прогностичних інструментів.

У третьому розділі зосереджені основні авторські результати. Подано характеристику районів дослідження, критерії формування вибірок, методику обчислення коефіцієнта турбулентності, висоти граничного шару і турбулентних потоків тепла. Розглянуто часову еволюцію температурної стратифікації, зміну міжрівневого обміну та залежності між параметрами туману. Окремий блок присвячено кліматологічній адаптації температури туманоутворення для станції Київ. Результати узагальнено у десяти висновках, які загалом відповідають завданням дослідження.

Матеріал викладено в науковому стилі, із використанням відповідної метеорологічної термінології. Робота достатньо мірою проілюстрована таблицями та рисунками, що сприяє розумінню отриманих залежностей. Посилання на використані джерела в основному наведені коректно. За результатами ознайомлення з текстом не виявлено ознак привласнення чужих наукових результатів; водночас остаточно оцінка академічної доброчесності має здійснюватися з урахуванням офіційного звіту перевірки текстових збігів.

Повнота оприлюднення результатів та особистий внесок здобувача.

Основні положення дисертації представлені у трьох статтях у наукових фахових виданнях та у чотирьох матеріалах конференцій. Публікації охоплюють усі ключові блоки роботи: кліматологічне уточнення температури туманоутворення, фізичну роль турбулентних потоків тепла і використання міжрівневого обміну як предиктора характеристик радіаційного туману. Таким чином, результати дисертації достатньо повно доведені до відома наукової спільноти.

Зазначений у дисертації особистий внесок здобувача включає постановку окремих завдань, формування та обробку масивів даних, виконання розрахунків, аналіз результатів і підготовку публікацій. Самостійний характер

роботи підтверджується послідовністю авторської методики та взаємозв'язком між опублікованими матеріалами й текстом дисертації.

Значення результатів дослідження для науки і практики.

Теоретичне значення роботи полягає у розвитку уявлень про роль вертикальної структури граничного шару атмосфери у формуванні та еволюції радіаційного туману. Автор показує, що характеристики турбулентного обміну не є сталими предикторами протягом усього життєвого циклу явища: їх інформативність змінюється залежно від стадії туману та інтенсивності інверсійної стратифікації. Такий висновок важливий для коректної інтерпретації діагностичних показників.

Практичне значення полягає у можливості доповнення оперативних методик локальним кліматологічним критерієм і характеристиками турбулентного теплообміну. Підхід може бути реалізований у вигляді довідкових таблиць, графіків або програмних модулів для конкретних пунктів прогнозу. Особливу цінність він має для метеорологічного забезпечення авіації та безпілотних систем, де важливими є не лише факт очікуваного туману, а й час його утворення, вертикальна потужність і ймовірний період розсіювання.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Для кліматологічної адаптації використано дев'ятирічний ряд станції Київ за 2012–2020 рр. Такий період достатній для апробації підходу, але є коротшим за стандартний 30-річний кліматичний період і може бути чутливим до міжрічної мінливості та сучасних кліматичних тенденцій. Доцільно чіткіше обґрунтувати репрезентативність вибраного інтервалу та оцінити стійкість коефіцієнтів при послідовному вилученні окремих років.

2. Добовий і річний цикли є періодичними, тоді як поліном п'ятого ступеня не забезпечує природного замикання функції на межах доби та календарного року. Вищий R^2 порівняно з гармонічною функцією не обов'язково свідчить про кращу прогностичну здатність і може бути наслідком більшої кількості параметрів. Варто було б доповнити порівняння та перехресною перевіркою, а також розглянути циклічні сплайни або гармонічну модель вищого порядку.

3. Запропонована кліматологічна функція оцінена переважно на тих самих даних, на яких виконувалося її налаштування. Для підтвердження оперативної цінності бажано провести незалежну перевірку на наступному часовому періоді та порівняти якість прогнозу з базовими методами без кліматологічної корекції. Саме зміна показників справджуваності після введення корекції була б прямим доказом ефективності адаптації.

4. У формулі (3.14) на с. 124 коефіцієнт A_3 , відповідно до загального вигляду полінома і табл. 3.4, має множитися на t^3 , однак у надрукованому виразі наведено член $-1,9 t$. Це технічна, але суттєва для практичного відтворення розрахунків неточність, яку необхідно виправити перед оприлюдненням остаточного тексту.

5. Практичну апробацію кліматологічної адаптації проведено переважно для станції Київ, тоді як фізичний аналіз еволюції радіаційних туманів виконано за матеріалами станції Lindenberg. З огляду на просторову неоднорідність кліматичних і фізико-географічних умов України, у подальших дослідженнях доцільно перевірити стійкість установлених залежностей на мережі станцій, розташованих у різних природних зонах, та окремо оцінити можливість перенесення запропонованих критеріїв між пунктами. Це дало б змогу чіткіше окреслити межі застосовності розробленої методики та посилити обґрунтування її регіональної репрезентативності.

Наведені зауваження мають дискусійний або редакційно-методичний характер, визначають перспективи подальшого розвитку дослідження і не зменшують загальної позитивної оцінки одержаних результатів.

Загальний висновок про дисертаційну роботу.

Дисертаційна робота Яцишена Анатолія Олеговича «Адаптація методів прогнозу туману з урахуванням їх кліматології» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальне науково-прикладне завдання підвищення ефективності локального прогнозування радіаційних туманів шляхом використання кліматологічних характеристик температури туманоутворення та фізичних параметрів граничного шару атмосфери.

За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю висновків, теоретичним і практичним значенням робота відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор – Яцишен Анатолій Олегович – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 103 – Науки про Землю.

Офіційний опонент:

Заступник декана з наукової роботи та міжнародного співробітництва географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор географічних наук, професор



Ольга ШЕВЧЕНКО

«21» листопада 2026 р.



Оксана Жидінська
ПРОРЕКТОР
З НАУКОВОЇ РОБОТИ
ОКСАНА ЖИДІНСЬКА
21.07.2026