

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента 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

1. Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота Яцишена Анатолія Олеговича присвячена актуальному науково-прикладному завданню адаптації методів прогнозу радіаційних туманів з урахуванням їх кліматологічних характеристик та фізичних процесів у граничному шарі атмосфери. Проблема прогнозування туманів залишається однією з найбільш складних у синоптичній та авіаційній метеорології, оскільки процеси туманоутворення істотно залежать від локальних особливостей підстильної поверхні, температурно-вологісного режиму, інтенсивності турбулентного обміну, стратифікації атмосфери та сезонно-добових кліматологічних закономірностей.

Вибір саме радіаційних туманів як об'єкта поглибленого аналізу є науково обгрунтованим, оскільки цей тип туману формується переважно внаслідок нічного радіаційного вихолодження підстильної поверхні і тому є особливо чутливим до місцевих фізико-географічних, кліматичних та мікрометеорологічних умов. Радіаційні тумани характеризуються значною локальною мінливістю, залежністю від приземної інверсії, слабкого вітру, вологості, властивостей підстильної поверхні та інтенсивності турбулентного обміну, що зумовлює необхідність локальної адаптації методів їх прогнозу.

Практична важливість дослідження полягає в тому, що туман як явище обмеженої видимості становить істотну небезпеку для авіації, діяльності аеродромів, автомобільного транспорту, логістики, а також для підрозділів, що використовують безпілотні літальні апарати. В умовах сучасних потреб метеорологічного забезпечення підвищення точності локального прогнозу туману, часу його утворення, розвитку та розсіювання має безпосереднє наукове і прикладне значення.

2. Зв'язок роботи з науковими і прикладними завданнями

Дисертаційне дослідження пов'язане з актуальними завданнями гідрометеорології, авіаційної метеорології, прогнозування небезпечних явищ

погоди та оцінювання впливу метеорологічних умов на застосування авіації і безпілотних літальних апаратів. Запропонований у роботі підхід орієнтований на підвищення ефективності прогнозу радіаційних туманів через поєднання кліматологічних характеристик конкретного пункту спостережень із фізично обґрунтованими параметрами граничного шару атмосфери.

Такий напрям є корисним для розвитку прикладних прогностичних методик, оскільки в оперативній практиці прогнозист використовує не лише результати чисельних моделей, але й локальний досвід, кліматологічний фон, аерологічні матеріали та параметри вертикальної структури атмосфери. Робота відповідає сучасній тенденції переходу від універсальних емпіричних схем до локально адаптованих, фізично інтерпретованих методів прогнозу небезпечних явищ погоди.

3. Оцінка мети, завдань, об'єкта, предмета і методів дослідження

Мета дисертаційної роботи сформульована як адаптація і апробація методик прогнозування радіаційних туманів для території України на підставі їх кліматологічних характеристик та апробація нових прогностичних критеріїв із використанням предикторів, що входять до наборів прогностичних даних. Така мета відповідає темі дисертації та має чітку науково-прикладну спрямованість.

Завдання дослідження логічно випливають із поставленої мети і охоплюють аналіз температурної стратифікації, міжрівневого обміну, турбулентних потоків тепла, висоти граничного шару атмосфери, вертикальної потужності радіаційного туману та температури туманоутворення. Об'єкт і предмет дослідження визначені відповідно до проблематики формування та еволюції радіаційних туманів у приземному і граничному шарі атмосфери.

Методи дослідження відповідають поставленим завданням. У роботі використано кліматологічний аналіз, статистичну обробку, синоптичну інтерпретацію, розрахункові та фізико-діагностичні методи. Поєднання цих методів дозволило авторові розглянути туманоутворення як комплексний процес, що формується під впливом радіаційного вихолоджування, вологості, стратифікації, вертикального обміну та локальних кліматологічних умов.

4. Інформаційна база дослідження

Інформаційна база роботи складається з двох основних блоків. Для кліматологічної адаптації температури туманоутворення використано дані станції Київ / Київ-Жуляни за 2012–2020 рр., за якими проаналізовано добово-річний розподіл туманів і температури туманоутворення. Для фізико-діагностичного

аналізу процесів у граничному шарі атмосфери використано матеріали станції Lindenberg, зокрема температурно-вітрове радіозондування та паралельні наземні метеорологічні спостереження.

До розрахункового масиву для аналізу процесів у граничному шарі атмосфери включено відібрані випадки радіаційного туману, що відповідали визначеним критеріям. Використання аерологічних даних є важливим, оскільки саме вертикальний профіль температури, вологості та вітру дає змогу оцінити умови формування приземної інверсії, інтенсивність міжрівневого обміну, вертикальну потужність туману та зміну стану граничного шару атмосфери протягом життєвого циклу туману.

Загалом інформаційна база дала можливість виконати як кліматологічну, так і фізико-діагностичну частину дослідження, а також обґрунтувати доцільність використання локальних кліматологічних характеристик і параметрів граничного шару атмосфери у процедурі прогнозування радіаційних туманів.

5. Структура і зміст дисертаційної роботи

Дисертаційна робота є структурно завершеною і логічно побудованою. Вона складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет, методи дослідження, наукову новизну та практичне значення результатів.

У першому розділі розглянуто кліматологію туманів, механізми їх утворення та роль турбулентного обміну у граничному шарі атмосфери. У другому розділі систематизовано основні методи прогнозування радіаційного туману, зокрема підходи до визначення температури туманоутворення, часу утворення та розсіювання туману. Третій розділ містить основні результати власного дослідження, пов'язані з кліматологічною та фізичною адаптацією прогнозу радіаційних туманів.

Позитивною рисою змісту є спроба перейти від суто емпіричного прогнозу до фізично інтерпретованого підходу, який враховує стан граничного шару атмосфери. У роботі радіаційний туман розглядається не як простий наслідок досягнення точки роси, а як результат взаємодії радіаційного вихолоджування, температурної інверсії, вологості, вертикального обміну та турбулентних потоків тепла.

6. Наукова новизна одержаних результатів

До результатів, що характеризують наукову новизну роботи, слід віднести обґрунтування підходу до використання кліматологічних характеристик добово-річного розподілу температури туманоутворення як додаткового критерію адаптації методів прогнозу радіаційних туманів до конкретного пункту спостережень. Такий підхід дозволяє уточнювати прогностичне значення температури туманоутворення з урахуванням місяця року, часу доби та локальних умов.

Важливим результатом є також аналіз зв'язку між вертикальною потужністю радіаційного туману та характеристиками турбулентного обміну у граничному шарі атмосфери, а також обґрунтування можливості використання розрахункових характеристик турбулентних потоків тепла як додаткових предикторів утворення, розвитку та розсіювання радіаційного туману.

Наукова новизна роботи полягає насамперед в удосконаленні локального підходу до прогнозування радіаційних туманів шляхом поєднання кліматологічного критерію температури туманоутворення з фізико-діагностичними характеристиками граничного шару атмосфери. Такий підхід посилює фізичну обґрунтованість локального прогнозу і створює підстави для подальшого розвитку операційних прогностичних процедур.

7. Наукова обґрунтованість і достовірність результатів

Достовірність результатів забезпечується використанням фактичних матеріалів наземних спостережень і радіозондування, застосуванням відомих фізико-діагностичних підходів та узгодженістю отриманих результатів із сучасними уявленнями про механізми формування радіаційних туманів. Висновки дисертації випливають із проведеного аналізу та відповідають поставленим завданням.

Обґрунтованість результатів також підтверджується послідовним аналізом температурної стратифікації, коефіцієнта турбулентного обміну, турбулентних потоків тепла, висоти граничного шару атмосфери та вертикальної потужності туманного шару. Отримані результати логічно пов'язані з фізикою процесів у стійко стратифікованому граничному шарі атмосфери та доповнюють наявні підходи до локального прогнозування туманів.

8. Практичне значення результатів

Практичне значення роботи полягає у можливості використання кліматологічного фону температури туманоутворення як додаткового

контрольного критерію в локальному прогнозі радіаційних туманів. Такий критерій може бути корисним у практиці метеорологічних підрозділів, особливо у випадках, коли стандартні прогностичні методи потребують уточнення з урахуванням місцевих умов.

Прикладна цінність роботи також пов'язана з тим, що автор звертає увагу на необхідність урахування не лише приземних метеорологічних величин, а й вертикальної структури граничного шару атмосфери. Це є важливим для прогнозування не тільки факту наявності туману, але й його вертикального розвитку, тривалості та можливого розсіювання.

Результати дослідження можуть бути використані у сфері авіаційного метеорологічного забезпечення, при оцінюванні умов обмеженої видимості, а також у спеціалізованих прогностичних системах для користувачів, діяльність яких залежить від своєчасної інформації про туман, низьку хмарність і вертикальну видимість.

9. Оцінка роботи щодо дотримання академічної доброчесності

Згідно з матеріалами міжкафедрального наукового семінару, дисертаційна робота була перевірена автоматизованим сервісом пошуку текстових збігів Strike Plagiarism. Виявлені текстові збіги мають переважно методичний, термінологічний, бібліографічний або пов'язаний із власними публікаціями здобувача характер. За результатами розгляду роботу визнано такою, що не містить ознак академічного плагіату, а основні наукові положення, висновки та практичні рекомендації сформульовані автором самостійно.

10. Повнота висвітлення результатів у наукових публікаціях

Основні результати дисертаційної роботи висвітлено у наукових публікаціях здобувача. Тематика публікацій відповідає змісту дисертації та охоплює ключові напрями дослідження: використання кліматичного підходу для визначення температури туманоутворення радіаційних туманів, роль турбулентних потоків тепла граничного шару атмосфери у формуванні радіаційних туманів, а також міжрівневий обмін у граничному шарі атмосфери як предиктор прогнозу характеристик радіаційних туманів.

Наявність публікацій і апробація результатів на наукових конференціях підтверджують, що основні положення роботи були представлені науковій спільноті. Публікації здобувача достатньо повно відображають зміст дисертації, її основні результати та висновки.

11. Відповідність дисертації спеціальності

Зміст дисертаційної роботи відповідає спеціальності 103 – Науки про Землю та освітньо-науковій програмі «Гідрометеорологія». Дослідження спрямоване на розв'язання науково-прикладної задачі у сфері метеорології, кліматології, фізики граничного шару атмосфери та прогнозування небезпечних явищ погоди. Тематика роботи, методи дослідження, отримані результати і практичні рекомендації повністю узгоджуються з предметною областю спеціальності.

12. Зауваження та дискусійні положення

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу загалом, вважаю за необхідне висловити такі зауваження та побажання, частина з яких має принциповий методичний характер і може бути врахована автором у подальших дослідженнях:

1. Кліматологічна адаптація фактично виконана для одного українського пункту - Київ / Київ-Жуляни. Тому висновки щодо адаптації методів прогнозу для території України потребують обережнішого формулювання. Метод необхідно перевірити на інших станціях України з різними фізико-географічними умовами: південних, приморських, лісостепових, поліських, степових і гірських.
2. Фізико-діагностичний блок побудовано на матеріалах станції Lindenberg у Німеччині. Це якісний аерологічний полігон, однак результати, отримані для Lindenberg, не можна автоматично переносити на українські станції без додаткового обґрунтування кліматичної і фізико-географічної подібності або без незалежної перевірки на українських даних.
3. Розрахункова вибірка з 21 випадку радіаційного туману є недостатньою для формулювання статистично стійких прогностичних критеріїв. Вона може бути прийнятною для діагностичного аналізу механізмів, але не для повного доведення оперативної ефективності методу.
4. У роботі потрібно чіткіше розмежувати якість апроксимації та якість прогнозу. Коефіцієнт детермінації R^2 для поліноміальної апроксимації температури туманоутворення характеризує відповідність кривої наявним даним, але не доводить підвищення справджуваності прогнозу туману.
5. Для доведення прогностичної ефективності запропонованого підходу необхідна незалежна верифікація з розрахунком POD, FAR, CSI, MAE, RMSE та порівнянням з базовими методами, зокрема методом Сандерса без кліматологічної адаптації.
6. Розрахунок турбулентних потоків тепла потребує додаткового методичного уточнення. Зокрема, необхідно чітко подати одиниці вимірювання питомої

теплоємності, густини повітря, коефіцієнта турбулентного обміну та самих потоків, а також наголосити, що йдеться про розрахункові оцінки, а не про прямі турбулентні вимірювання методом пульсацій.

7. Доцільно поглибити аналіз просторової неоднорідності поля вологості, властивостей підстильної поверхні та локального рельєфу. Саме ці чинники часто визначають локальний характер радіаційних туманів, однак у роботі вони представлені переважно на рівні загального обґрунтування.
8. Формулювання наукової новизни варто зробити більш точними. Замість надто широкого акценту на «вперше» доцільніше підкреслити удосконалення локального підходу до прогнозування радіаційних туманів на основі поєднання кліматологічних характеристик і фізико-діагностичних параметрів граничного шару атмосфери.
9. Окремі графічні матеріали, позначення, одиниці вимірювання та термінологічні формулювання бажано уніфікувати для полегшення сприйняття результатів і їх подальшого використання у практичній роботі.

Зазначені зауваження не заперечують загальної науково-прикладної цінності дисертаційної роботи, однак окреслюють ті аспекти, які потребують уточнення, обережнішого формулювання або подальшої перевірки.

13. Загальний висновок

Дисертаційна робота Яцишена Анатолія Олеговича «Адаптація методів прогнозу туману з урахуванням їх кліматології» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розглянуто актуальне науково-прикладне завдання удосконалення локального прогнозу радіаційних туманів шляхом урахування їх кліматологічних характеристик та фізичних процесів у граничному шарі атмосфери.

Робота має наукову новизну, яка полягає насамперед в удосконаленні локального підходу до оцінювання температури туманоутворення та у використанні характеристик турбулентного теплообміну як додаткових фізично обґрунтованих предикторів еволюції радіаційних туманів. Практична спрямованість дослідження пов'язана з потребами авіаційного метеорологічного забезпечення, прогнозування умов обмеженої видимості та спеціалізованого метеорологічного супроводу.

Висловлені зауваження мають переважно методичний і дискусійний характер, стосуються насамперед розширення інформаційної бази, незалежної верифікації, перевірки методу на інших станціях, точнішого формулювання

наукової новизни та конкретизації практичного алгоритму застосування результатів. Вони не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

За актуальністю, науковим рівнем, обґрунтованістю результатів, практичною спрямованістю, повнотою висвітлення основних положень у наукових публікаціях та відповідністю спеціальності 103 – Науки про Землю дисертаційна робота Яцишена Анатолія Олеговича «Адаптація методів прогнозу туману з урахуванням їх кліматології» відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 – Науки про Землю.

Рецензент:

Доцент кафедри метеорології та
кліматології
Одеського національного університету
імені І. І. Мечникова,
кандидат географічних наук, доцент

«24» липень 2026 р.



Інна ХОМЕНКО

