

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Галушак Марії Омелянівни** на тему „Математичне моделювання та просторовий аналіз процесів емісії парникових газів від використання палива у промисловості України і Польщі”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Глобальна зміна клімату – одна з найбільш обговорюваних проблем сьогодення. наслідки вчені пов'язують з різким зростанням концентрації в атмосфері Землі так званих «парникових газів». З метою скорочення емісій парникових газів до такого рівня, який би зменшив або призупинив небезпечний антропогенний вплив на кліматичну систему, потрібно мати зручний інструментарій, який дав би змогу оцінювати емісії на рівні районів чи навіть джерел емісій з метою впровадження новітніх технологій для зниження емісії в атмосферу парникових газів.

На сьогодні рядом науковців розроблено математичні моделі для отримання просторових кадастрів емісій парникових газів у різних країнах, проте результати такого моделювання у більшості випадків не дають інформацію про просторові емісії в окремих секторах людської діяльності, а тому не можуть бути використані з метою визначення потенціалу окремих регіонів для скорочення емісій парникових газів. пряме застосування розроблених підходів для інших країн не є можливим.

Дисертація Галушак М.О. присвячена розробці математичних моделей і геоінформаційної технології для просторового аналізу емісій парникових газів у промисловому секторі та підвищення роздільної здатності просторових кадастрів вказаних емісій. Просторовий підхід до оцінювання емісій парникових газів у промисловому секторі є одним з перспективних і отримує все більше застосування в наукових дослідженнях, тому що дає можливість отримати результати на достатньо деталізованому рівні, а це дасть змогу підвищити ефективність використання результатів таких досліджень. Саме тому дисертаційна робота Галушак М.О. в якій розроблено математичні моделі та програмні засоби для просторового аналізу емісій парникових газів

у промисловому секторі, а також створено геоінформаційну систему для формування просторових кадастрів емісій парникових газів та оцінювання невизначеності результатів моделювання, є **актуальною**.

Актуальність дисертаційної роботи підтверджується ще й тим, що основні результати роботи були одержані в рамках кількох міжнародних грантів, зокрема гранту 7РП ЄС “Геоінформаційні технології, просторово-часові підходи та оцінювання повного вуглецевого балансу для підвищення точності інвентаризацій парникових газів” та ряду наукових досліджень з держбюджетних тем кафедри прикладної математики Національного університету «Львівська політехніка».

Відзначимо найбільш важливі на наш погляд результати роботи, які мають **наукову новизну**.

У *другому розділі* представлено розроблені математичні моделі процесів емісії парникових газів у видобувній промисловості які, базуються на принципі дезагрегації статистичних даних до рівня точкових джерел емісії і дають змогу оцінювати леткі та прямі емісії парникових газів підчас видобування викопного палива, а також при використанні палива для переробки нафти та кам'яного вугілля. Здійснено обчислювальні експерименти та отримано базу геопросторових даних з результатами інвентаризації двоокису вуглецю, метану та закису азоту.

У *третьому розділі* представлено розроблені математичні моделі для оцінювання емісій парникових газів від використання різних видів палива у промисловому секторі Польщі та України, які враховують особливості кожного джерела емісій. В роботі розроблено математичні моделі для оцінки емісій від металургійної, хімічної, харчової та інших промисловостей. Здійснено обчислювальні експерименти та побудовано просторові кадастри емісій парникових газів, проаналізовано територіальну специфіку та структуру емісій основних парникових газів (двоокису вуглецю, метану та закису азоту) за видами використовуваного палива.

У *четвертому розділі* Представлено геоінформаційну технологію моделювання парникових газів у промисловості. Розроблено методи ретроспективно аналізу інвентаризаційних звітів та алгоритм оцінювання точності проведеної

інвентаризації на основі переглядів кадастрів емісій парникових газів з часом. Обґрунтовано метод аналізу невизначеності результатів просторового моделювання емісійних процесів парникових газів у промисловому секторі України та Польщі. Представлена методика оцінювання невизначеності полягає у використанні наперед визначених розподілів для кожного вхідного параметру математичної моделі та генеруванні випадкових значень з цих розподілів методом Монте-Карло. Реалізовано функціональну можливість моделювати випадкові значення з симетричних та несиметричних розподілів та змінювати параметри розподілів.

Достовірність одержаних результатів, обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації забезпечується коректністю постановки наукових задач та вихідних положень, адекватним вибором математичного апарату та коректністю його застосування; коректністю побудови математичних моделей; несуперечністю одержаних результатів у цілому. Про достовірність цих результатів свідчить також їх опублікування у фахових рецензованих наукових виданнях та практичне застосування в низці прикладних досліджень.

Одержані в дисертаційній роботі результати мають значну **практичну цінність**, оскільки дозволяють автоматизовано здійснювати просторову інвентаризацію емісій парникових газів у промисловому секторі та формувати бази геопросторових даних про емісії парникових газів (як площинних так і точкових джерел), представляти у зручному для сприйняття вигляді просторові кадастри емісій, аналізувати структуру емісій на рівні окремих джерел емісій, враховувати специфіку кожного джерела емісій.

Основні результати теоретичних та практичних досліджень, отриманих у дисертаційній роботі, отримані автором у рамках виконання кількох міжнародних грантів, зокрема: гранту 7РП ЄС “Теоінформаційні технології, просторово-часові підходи та оцінювання повного вуглецевого балансу для підвищення точності інвентаризацій парникових газів”); українсько-австрійського проекту „Просторово-часове оцінювання невизначеності кадастрів емісії парникових газів: ретроспективний аналіз для Австрії та України та ефективне прогнозування” (номер держреєстрації 0115U006500 та 0116U005309); українсько-китайського проекту “Просторова інвентаризація

парникових газів у житловому секторі китайських та українських регіонів для підтримки прийняття ефективних економіко-адміністративних рішень" номер держреєстрації 0113U001997); держбюджетної теми "Геоінформаційні технології аналізу стоку та емісії парникових газів у лісовому господарстві для підтримки прийняття рішень" (номер держреєстрації 0113U003181).

Результати дисертаційного дослідження використовуються у навчальному процесі в Національному університеті „Львівська політехніка”, в Інституті системного аналізу Польської академії наук, м. Варшава та у Природному заповіднику „Розточчя”. Акти про впровадження результатів наведено в дисертаційній роботі. Результати та висновки дисертаційної роботи також **можуть бути використані** в науково-дослідних інститутах та організаціях, що займаються математичним моделюванням екологічних процесів та оцінюванням екологічної безпеки навколишнього середовища, а також у навчальному процесі вищих навчальних закладів.

До роботи можна зробити такі зауваження:

1. У формулах 1, 2,3 автореферату та формулах 2.1, 2.2 та 2.3 дисертації на ст.60 не описано всі індекси. З тексту роботи важко зрозуміти чи це перерахунковий індекс чи індикатор певного процесу.
2. В роботі використано поняття невизначеність, а пояснення до цього терміну подано в середині розділу (після використання)
3. З тексту дисертації не зрозуміло як отримано графік 4.16 на ст. 146 і як для цього використано метод Монте-Карло.
4. У дисертаційній роботі є таблиці, рисунки іноземною мовою (англійська та польська)
5. Відсутні підписи по осях координат у графіках.

Зроблені зауваження не торкаються суті отриманих нових результатів і **не знижують загальної високої оцінки наукової і практичної значимості** дисертаційного дослідження Галушак М.О.. Матеріали дисертаційної роботи доповідались на міжнародних конференціях і достатньо повно опубліковані в наукових виданнях, у тому числі фахових, що визначені переліком МОН України.

Автореферат правильно та достатньо повно висвітлює загальну характеристику, зміст і висновки дисертації. Оформлення дисертації та автореферату відповідають вимогам МОН України щодо дисертацій та їх авторефератів.

ВИСНОВОК.

Дисертація виконана в логічній послідовності, широко охоплює і повністю розв'язує поставлене наукове завдання і є завершеною науковою роботою. У ній одержано нові наукові результати, що є суттєвим внеском у розвиток одного з перспективних напрямків математичного моделювання та обчислювальних методів – побудову нових моделей та геоінформаційних технологій для просторового аналізу процесів емісії парникових газів у промисловому секторі. Робота задовольняє усі вимоги „Порядку присудження наукових ступенів”, зокрема п. 11 щодо кандидатських дисертацій та усім вимогам МОН України, які ставляться до кандидатських дисертацій, а її автор М.О. Галушак за проведені дослідження заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент:

Проректор з наукової роботи

та міжнародних зв'язків

ПВНЗ “Буковинського університету”

д.т.н., проф



Я. І. Виклюк