

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну
роботу **Густі Миколи Івановича**

«Математичні моделі процесів емісії та стоку вуглекислого газу в лісовому господарстві та при змінах землекористування», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність науково-прикладної проблеми. Зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері, що приводить до її розігріву, викликає занепокоєння науковців різних напрямків. Важливо передбачити розвиток і наслідки процесів емісії вуглекислого газу, обґрунтувати господарську діяльність та природоохоронні заходи, котрі дозволяють утримати баланс поглинання і емісії на прийнятному рівні.

Встановлюються основні фактори, котрі приводять до небажаних наслідків для екології та економічного розвитку. Відзначається, що швидкість зростання концентрації парникових газів корелює з господарською активністю. Емісії парникових газів залежать від інтенсивності розвитку сільського господарства, зміни землекористування зі зменшенням лісових масивів, непродуманого лісокористування. В результаті накопичення вуглекислого газу в атмосфері її температура має тенденцію до зростання. Проте важливість екологічної проблеми вимагає уточнення прогнозів і обґрунтування рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

Математичне моделювання – це важливий інструмент вивчення об'єктів і процесів, коли неможливо поставити глобальний експеримент, а також потрібно передбачати і провести їх інтегральні оцінки в майбутньому. Тому зроблено багато спроб побудувати математичні моделі, що описують кліматичну, економічну та біофізичну підсистеми з різною деталізацією, а також моделі, які з меншою деталізацією включають всі три підсистеми. При цьому значною невизначеністю характеризується сфера лісокористування та зміни землекористування, що спонукає розроблювати нові математичні моделі процесів емісії вуглекислого газу в цій сфері, методи обчислення емісій для великих територій, методи аналізу невизначеностей та їхнього впливу на прийняття рішень.

Складність поєднання напрацьованих у цій області математичних моделей і створення комплексної системи для аналізу взаємопов'язаних природничих процесів і господарської діяльності також в тому, що окремі моделі були розроблені різними авторами зі своїми особливостями, з врахуванням різних факторів, стосовно неоднакових параметрів і при неоднакових припущеннях стосовно умов моделювання.

Існуючі моделі для лісових систем не враховують у повній мірі взаємодії процесів заліснення, знеліснення та лісозаготівлі, торгівлі між країнами, а також залежності інтенсивності процесів кругообігу вуглецю та віку деревостану. В багатьох випадках кількість наземних вимірювань потоків вуглецю є недостатньою, тому важливо розробити методи обчислення середніх потоків вуглецю з великих територій та оцінювання невизначеності цих потоків. Значна невизначеність є характерною ознакою проблем навколишнього середовища і необхідно розробити методи аналізу невизначеностей та врахування впливу невизначеностей на прийняття природоохоронних рішень.

Тому тема дисертаційної роботи Густі М.І., присвяченої математичному моделюванню процесів емісії та стоку вуглекислого газу в лісовому господарстві та при змінах землекористування є актуальною.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій визначається відповідністю їх сучасним теоретичним уявленням про процеси емісії та стоку вуглекислого газу в лісових екосистемах, положень математичного моделювання вуглецевого балансу природних систем, а також результатами багаторічних спостережень за накопиченням і обігом вуглецю в лісових екосистемах.

Про обґрунтованість та достовірність отриманих результатів також свідчить їх опублікування у спеціалізованих рецензованих виданнях та апробація їх на наукових конференціях, симпозіумах та семінарах.

Основні нові наукові результати. У дисертаційній роботі розв'язано комплекс задач, які у сукупності вирішили науково-прикладну проблему математичного моделювання процесів емісії та стоку вуглекислого газу в лісовому господарстві та при змінах землекористування. Це дало можливість підвищити ефективність прийняття господарських та природоохоронних управлінських рішень стосовно лісових екосистем, лісокористування та змін землекористування.

Новими є такі наукові результати:

- розроблено модель вуглецевого балансу лісової екосистеми, що поєднує процеси кругообігу вуглецю та таксаційні параметри деревостану;
- розроблено математичну модель часового зсуву фенологічних процесів при зміні клімату і досліджено їх у букових та дубових лісах Карпатського регіону України;
- розроблено метод геопросторового моделювання процесів лісокористування та зміни виду землекористування на глобальному рівні з врахуванням їх взаємозв'язку, а також територіального переміщення зрубаної деревини;
- на основі геопросторової моделі процесів лісокористування та зміни землекористування розроблено метод напрацювання рекомендацій для прийняття рішень щодо заготівлі прийнятної кількості деревини та зменшення емісій вуглекислого газу від лісокористування, що дає можливість проводити імітаційне моделювання процесів лісозаготівлі та впровадження природоохоронних стратегій;
- удосконалено метод геопросторового математичного моделювання процесів знеліснення, шляхом врахування їх інтенсивності на локальному рівні, а також впливу транспортної мережі, що дає можливість точніше відтворити територіальну структуру знеліснення;
- удосконалено математичну модель вуглецевого балансу лісової екосистеми і проведено її дослідження з врахуванням наявних даних про лісові екосистеми та кліматичні умови в Україні шляхом введення додаткових резервуарів та потоків вуглецю;
- удосконалено метод ідентифікації параметрів геопросторової моделі процесів лісокористування та зміни землекористування, що, на відміну від уже відомих, враховує тренд зміни площі лісу на національному рівні, з можливістю прогнозування емісії за різних сценаріїв соціально-економічного розвитку та встановлення ціни на емісії парникових газів.

Теоретичне значення роботи. Математичні моделі, котрі розроблялися впродовж років, для окремих складових, стосовно лісових екосистем, поєднано в цілісну взаємопов'язану систему. При цьому вдалося використати велику кількість емпіричних, апроксимаційних формул, що розраховані на різномасштабні просторово-часові процеси обміну

вуглецевими сполуками як всередині екосистеми, так і з оточуючим її середовищем. Це дає можливість проводити комплексні природничі дослідження і напрацьовувати управлінські природоохоронні рішення з їх фінансовою оцінкою.

Практичне значення роботи. Розроблений метод моделювання вуглецевого балансу лісових екосистем, який поєднує процеси кругообігу вуглецю та таксаційні параметри деревостану, застосовано при створенні математичних моделей деревостанів, які використано для аналізу динаміки запасів вуглецю у компонентах лісової екосистеми при залісненні.

Розроблений метод геопросторового моделювання взаємопов'язаних процесів лісокористування та зміни типів землекористування використано для вдосконалення глобальної геопросторової математичної моделі процесів лісокористування та зміни землекористування (G4M) для аналізу стратегій зменшення емісій вуглекислого газу. Зокрема, модель G4M використано для оцінювання ефективності політики зменшення емісій вуглекислого газу лісами України при різних соціально-економічних сценаріях.

Метод обчислення критичної відносної похибки оцінки емісії парникових газів доцільно використовувати при розробці міжнародних договорів щодо зменшення емісій парникових газів. Крім того, зазначений метод використано для розроблення більш складних діагностичних методів та для оцінки вигоди вдосконалення системи моніторингу емісій вуглекислого газу від знеліснення.

Розроблений метод обчислення емісій вуглекислого газу при неповних даних застосовано для оцінки запасів та потоків вуглецю на національному та регіональному рівнях.

Повнота опублікування основних положень роботи. Результати дисертаційної роботи відображені у 102 наукових працях, серед них 3 монографії, 13 статей у наукових фахових виданнях України та 37 у наукових періодичних виданнях інших держав. Загалом, 24 публікації, які відображають основні результати дисертації, включено в наукометричну базу Scopus.

Відповідність автореферату дисертаційній роботі. Автореферат у повній мірі відображає основні положення дисертаційної роботи.

Зауваження до виконаної роботи.

1. Для системи диференціальних рівнянь стосовно визначення кількості накопичуваного вуглецю в окремих компонентах лісового масиву, приведеної у розділі «Структурна модель вуглецевого балансу лісу», не наголошено, що змінні у правій частині залежать від сукупності шуканих невідомих і тому система не розпадається на окремі рівняння.

2. Термін потоки для параметрів у правій частині рівнянь вуглецевого балансу лісу використано для параметрів, що відповідають за обмін вуглецем між складовими системи і в такому сенсі є джерелами і стоками для кожної з них. Особливо це стосується вивозу зрубаної деревини.

3. Доцільно зазначити, що змінні накопичення вуглецю, позначені в рівняннях X з індексами, повинні задовольняти умови невід'ємності.

4. Велика кількість результатів математичного моделювання змін у землекористуванні при заміні лісу ріллею чи ріллі лісом різного виду обговорюється і проілюстрована в роботі численними графіками, а самі моделі та окремі випадки параметрів прийнятих в загальному підході при цьому опущені.

5. У роботі приведені фрагменти програм для обчислень кліматичних змінних (стор. 113, 115), але розрахункові формули з поясненнями для них відсутні. Є лише посилання на літературні джерела, що ускладнює сприйняття матеріалу.

6. Використання терміну «просторове поширення знеліснення» у клітинці растру мабуть не стосується поширення чогось, а скоріше зменшення кількості лісу з різних причин, що враховується інтенсивністю знеліснення.

7. На рис. 3.12, що відображає заготівлю деревини для ряду країн, представлених картографічно клітинками растру, результати для України відсутні, хоча в роботі проводиться адаптація моделі процесів лісокористування та зміни землекористування для України та вдосконалення моделі заготівлі деревини.

8. У підписі до рисунку 1.1 неправильно вказано одиниці вимірювання, хоча на самому рисунку все коректно. Окремі посилання на рисунки у 1 розділі є неправильними.

9. Дисертація та автореферат містять деякі граматичні неточності, хоча їх кількість незначна. Трапляються не пояснені позначення у формулах. Крім того багато формул, на котрі можна посилатися в тексті, не нумеровані.

Зроблені зауваження не мають істотного впливу на загальне

позитивне оцінювання роботи.

Оцінка дисертаційної роботи у цілому. Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною працею, у якій вирішена актуальна науково-прикладна проблема створення математичних моделей процесів емісії та стоку вуглекислого газу в лісовому господарстві та при змінах землекористування, що дало можливість підвищити ефективність прийняття природоохоронних управлінських рішень щодо пом'якшення зміни клімату на глобальному, регіональному та національному рівнях. Робота має високе теоретичне і практичне значення, містить наукову новизну та є самостійним науковим дослідженням. Основні висновки й положення дисертації науково обґрунтовані та пройшли належну апробацію. Результати наукових досліджень, за якими здобувач захистив кандидатську дисертацію, не виносяться на захист докторської дисертації. Робота відповідає вимогам, що висуваються до докторських дисертацій, зокрема п.10 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Густі Микола Іванович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи

Офіційний опонент,
завідувач кафедри транспортних технологій
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В.Лазаряна МОН України,
доктор технічних наук, професор



Гера Б.В.

Підпис Гери Б.В. засвідчую

*Директор Львівської філії
Божмаровичі Я.В.*

