

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Костюченка Юрія Васильовича
**«Комплексування даних супутникових спостережень і
математичного моделювання в задачах оцінки геоєкологічних ризиків і
безпеки»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження

Детальний аналіз дисертації Костюченка Ю.В. **«Комплексування даних супутникових спостережень і математичного моделювання в задачах оцінки геоєкологічних ризиків і безпеки»** дозволяє визначити наступні узагальнені висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення, а також загальної оцінки роботи.

Актуальність теми дисертаційної роботи обумовлена тим, що територія України відноситься до регіонів зі значним техногенним навантаженням і регіональними змінами геоєкологічного стану ландшафтних, гідрологічних, гідрографічних та геологічних систем, порушення рівноваги масо-енергообміну яких призводить до розвитку різноманітних ризиків та погіршення безпеки життєдіяльності (БЖД).

Інтенсивне використання водних і земельних ресурсів (техногенні порушення перевищують 60% природних і техногенних систем) при формуванні численних гірничо-промислових комплексів (більше 2000 гірничо-добувних об'єктів) формують підґрунтя до розвитку комплексу небезпечних еколого-техногенних процесів у приземному шарі атмосфери, верхньої зоні геологічного середовища (ГС) та поверхневої та підземної гідросфери.

Регіональної активізації вищезазначених процесів у географічній оболонці Землі в останні десятиріччя сприяють глобальні зміни клімату (ГЗК- потепління, регіональні варіації кількості і нерівномірності опадів, збільшення висоти і частоти повеней і паводків).

Авторські дослідження засвідчили, що все це призводить до активізації змін екологічного стану природно-техногенних геосистем (ПТГС) “техногенний об'єкт - навколишнє природне середовище” та розвитку надзвичайних ситуацій (НС).

Актуальність дисертаційної роботи Костюченко Ю.В. визначається тим, що розробка та впровадження стратегії сталого розвитку України в сучасних умовах вимагає відповідної координації з міжнародними стратегічними документами, в т.ч. щодо стратегії визначення еколого-техногенних загроз та ризиків. Комплексність та синергічність процесів техногенезу переважно у географічній оболонці Землі обумовлює економічну

та просторово-часову ефективність використання дистанційних технологій та математичного моделювання для прогнозу НС та підвищення рівня БЖД.

Авторське удосконалення методики комплексування технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та математичного моделювання забезпечує підвищення вірогідності вирішення актуальних задач з підвищення ефективності заходів щодо попередження та ліквідації наслідків НС та удосконалення моніторингу у зонах впливу небезпечних ПТГС (водосховищ, шахт, металургійних, хімічних підприємств, об'єктів критичної інфраструктури та ін.), а при проведенні геолого-геофізичних досліджень сприятиме отриманню нових структурно-геологічних, геохімічних, геодинамічних і інших параметрів верхньої зони літосфери і геологічного середовища (ГС) у техногенно-змінених регіонах.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань та додатку. Обсяг роботи складає 378 сторінок, з яких 271 сторінка основного тексту, 20 сторінок бібліографії, та 84 сторінки додатків. Дисертація містить 92 рисунки, 28 таблиці та 257 формул. Список використаних джерел налічує 278 посилань.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження Костюченка Ю.В. за дисертаційною роботою виконувались більше 10 років в Науковому центрі аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України та проводилися відповідно до планів 12 науково-дослідних тем, зокрема НДР «Розробка теоретико-методичних засад прогнозування розвитку небезпечних природних явищ гідрологічного і гідрометеорологічного характеру на основі використання даних аерокосмічних зйомок та моделювання різномасштабних процесів енергомасообміну в геосистемах» (2006), «Визначення сукупності методів супутникового спостереження для оцінки деформації земної поверхні в районах вуглевидобування та адаптація підходів до регіональних умов» в рамках програми «Комплексні дослідження процесів масопереносу і формування полів напружень і деформацій при розробці родовищ корисних копалин для створення способів і засобів активного керування станом масиву з метою підвищення економічної ефективності і аварійної безпеки ведення гірничих робіт» (2007), НДР «Координація досліджень по створенню аерокосмічного блоку системи GMES» (№ держреєстрації 0107U002303), НДР «Розробка нових методик космічного моніторингу земних покривів (рослинність, ґрунти, водні ресурси), біорізноманіття в умовах кліматичних змін з метою управління ризиками надзвичайних ситуацій» (№ держреєстрації 0112U000703) тощо.

Аналіз основного змісту, наукової новизни, практичної значимості достовірності та обґрунтованості висновків. Автором у вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету роботи,

завдання та методи досліджень, висвітлено наукову новизну, теоретичні та методологічні розробки і практичне значення отриманих результатів, а також наведено відомості щодо переліку місць апробації роботи, її структури та обсягу публікацій.

У першому розділі дисертаційної роботи автором проведено аналіз стану досліджень в галузі застосування методів ДЗЗ та просторово-розподілених даних для вивчення ризиків НС природного походження; проаналізовано наявні стратегії контролю надзвичайних ситуацій, що задекларовані у державних та міжнародних документах, обґрунтовано на цій основі доцільність застосування новітніх технологічних засобів та методів контролю, моніторингу та прогнозування стихійних лих, необхідність розробки довгострокових прогнозів виникнення та сценаріїв розвитку надзвичайних ситуацій, розробки методів довгострокової оцінки ризиків надзвичайних ситуацій.

Автором розглядається задача мультимодального підходу в оцінюванні ризиків, а саме щодо використання моделей геосистем для вибору оптимального набору індикаторів дистанційного зондування для оцінки ризиків.

Виходячи з проведеного аналізу, автором зроблено висновок, що основними задачами, які вирішуються аналітиками в галузі вивчення надзвичайних ситуацій із застосуванням методів ДЗЗ та просторового аналізу є: детектування надзвичайної ситуації, пре- і пост-ситуативний моніторинг, короткострокові прогнози (зокрема, прогнозування опадів), а перспективними задачами є: системи завчасного попередження, аналіз тенденцій (в тому числі кліматичних) і довгострокове (від сезону до кількох років) прогнозування як складова системи прийняття рішень. При цьому особливої уваги потребують довгострокові стратегії управління безпекою і ризиками надзвичайних ситуацій.

Виконано загальний аналіз змін показників частоти, інтенсивності та просторового розподілу надзвичайних ситуацій, в Україні та сусідніх країнах за період з 1900 до 2010 року, особливу увагу приділено періодам 1960 – 2010 та 1990 – 2010.

Запропоновано підхід до статистичного аналізу даних спостережень, що дозволяє отримувати регуляризовані розподіли в одиницях, інваріантних щодо характеру даних. Це вперше дозволяє аналізувати одночасно різні типи надзвичайних ситуацій, незалежно від їхнього походження і, таким чином, незважаючи на різні часові і просторові масштаби, притаманні рушійним силам та процесам, що генерують небезпеку.

На думку автора, найбільш ефективним буде підхід, що дозволяє оцінювати ризики на основі керування невизначеностями.

Загальну невизначеність, притаманну задачам оцінки ризиків, автором запропоновано розділити на невизначеність епістемічну, тобто таку, що виникає внаслідок недостатності знань про сутність явищ і процесів, які відбуваються у досліджуваній системі, і невизначеність алеаторичну, тобто таку, яка виникає внаслідок недосконалості систем спостереження, або браку

даних. Епістемічна невизначеність може бути зменшена шляхом застосування коректних моделей досліджуваних явищ, а алеаторична – покращенням систем моніторингу та підвищенням достовірності спостережень.

Дані ДЗЗ відіграють в такому випадку ключову роль через те, що вони мають відомі характеристики достовірності і, таким чином невизначеності оцінок, що базуються на використанні даних ДЗЗ можуть бути керованими.

У другому розділі дисертаційної роботи автором досліджено вплив ключових процесів в системі «атмосфера – літосфера» на формування параметрів гідрологічної та гідрогеологічної безпеки територій та розробляються відповідні моделі.

Автором докладно розглянуто три процеси, що мають базовий характер з точки зору небезпеки повеней, а саме процес інфільтрації опадів в ґрунти і формування режиму вологості ґрунтів, накопичення і танення снігу та вплив рослинного покриву на формування водного балансу поверхні водозбору.

Цей розгляд спрямований на використання даних дистанційного зондування Землі, тобто моделі мають бути адаптованими під відповідні типи даних.

Автором зазначено, що, задача контролю гідрологічних та гідрогеологічних ризиків (зокрема, підтоплення та заболочування) за допомогою дистанційних методів моніторингу може бути зведеною до визначення методики аналізу набору індикаторів стану поверхні та таким чином забезпечують контроль змін показників реакції локальних екосистем на зміни водного балансу за визначеними типам земних покривів, відповідно до попередньо проведеної проблемно-орієнтованої класифікації земних покривів досліджуваної ділянки.

Вирішена задача обґрунтування можливості інтеграції даних детермінованих моделей снігового покриву та вибірково контрольованих параметрів снігового покриву за даними ДЗЗ в задачі аналізу гідрологічної безпеки територій.

В результаті було доведено, що детерміновані моделі потрібні в суттєво вдосконаленій формі, зокрема модель снігового покриву бажано мати в чотирикомпонентному представленні, з додаванням блоку радіаційного балансу, з розрахунками на кількох різних рівнях просторової деталізації. При цьому з'являється можливість коректного визначення змінних, просторові і часові розподіли яких однозначно описують процеси потрапляння води в систему і, таким чином визначають стан гідрологічної і гідрогеологічної безпеки.

Запропоновано моделі радіаційного балансу і переносу енергії, що дозволяють визначити спектральні характеристики снігового покриву на різних стадіях розвитку снігового покриву і, таким чином визначити його стан.

Зазначені вище моделі, на думку автора, в сукупності дозволяють визначити параметри для моніторингових систем ДЗЗ, які відповідають

ключовим змінним системи рівнянь енергомасообміну снігового покриву і, таким чином, дозволяють оцінювати стан гідрологічної безпеки території.

Третій розділ присвячено методам просторового моделювання даних в задачах оцінювання загроз та ризиків, індукованих довгостроковими змінами клімату та довкілля. Проведено порівняльний аналіз результатів застосування різних кліматичних моделей та окреслено невизначеності та похибки, що суттєво впливають на кінцевий результат моделювання.

Наведено загальні засади оцінок небезпек, пов'язаних з довготерміновими змінами клімату та довкілля.

На основі аналізу даних спостережень (статистики надзвичайних ситуацій різних типів) автором було запропоновано метод статистичного аналізу даних спостережень в тому числі архівних записів та спостережень з різних джерел за надзвичайними ситуаціями, що дозволяє отримувати розподіли в одиницях, інваріантних відносно типів даних. Відповідно, незалежно від параметрів та характеру надзвичайної ситуації, отримувати регуляризовані розподіли частоти виникнення і інтенсивності надзвичайних ситуацій різних типів, що характеризуються різними часовими і просторовими масштабами.

Проведено аналіз рушійних сил надзвичайних ситуацій шляхом проблемно-орієнтованої просторово-часової регуляризації даних. На його основі зроблено оцінку ймовірності проявів екстремальних кліматичних явищ за результатами аналізу даних метеорологічних спостережень. Автором запропоновано метод визначення явної форми співвідношення, яке дозволяє оцінювати розподіли екстремальних показників кліматичних параметрів по відношенню до відомих середніх значень.

Автором запропоновано проблемно модифікований метод інтеграції даних локальних метеорологічних спостережень в глобальні кліматичні моделі, тобто наведено основи підходу до регіоналізації моделей довгострокових змін за даними регуляризованих регіональних спостережень.

Розглянуто задачу про регіональний перерахунок існуючих кліматичних моделей з використанням даних всіх наявних обсягів реальних метеорологічних вимірювань. Ця задача відрізняється від так званої задачі «регіоналізації» кліматичних моделей. Задача регіоналізації моделей у традиційному розумінні зводиться зазвичай до задач так званого «даунскейлінгу», тобто змінення (зменшення) просторової і часової розмірності розподілів, отриманих за модельними розрахунками. Підхід, що пропонується, включає уточнення розрахунків на основі використання додаткових масивів даних, не включених до звичайної моделі (зазвичай до глобальних моделей включається 10–20% наявних по території досліджень метеостанцій, чого вочевидь недостатньо при розрахунках регіональних прогнозів). З математичної точки зору задача полягає в тому, щоб включити в масив розрахункових даних із завданою топологією дані спостережень, для яких не обов'язково виконуються умови, характерні для модельних даних.

Наведені розрахунки, автором пропонується використовувати в подальшому для отримання оцінок ризиків, пов'язаних із кліматичними

змінами на регіональному рівні, та для оптимізації стратегій адаптації до небезпечних змін.

Автором запропоновано метод оцінки мір ризику за результатами спільного аналізу багатовимірних мультіваріативних величин.

Отримані в результаті розгляду оцінки дозволяють провести розрахунки ризиків конкретних надзвичайних ситуацій з використанням даних супутникового спостереження.

Запропоновано метод для проблемно-орієнтованого ре-аналізу даних метеорологічних спостережень на локальному і регіональному масштабах на основі нелінійного КРСА-алгоритму. Показано порівняно високу ефективність запропонованого методу та відносно високу достовірність на регіональному рівні отримуваних оцінок розподілів кліматичних показників.

Проведено розрахунки з оцінки найбільш очікуваного регіонального тренду змін основних кліматичних показників, що впливають на загрози надзвичайних ситуацій. Запропоновано алгоритм визначення найбільш достовірних трендів змін ключових кліматичних параметрів на основі аналізу множин даних.

Таким чином можна стверджувати, що автором запропоновано набір методик, які складають методологічну базу для оцінки довгострокових ризиків надзвичайних ситуацій, пов'язаних із змінами клімату та довкілля.

В четвертому розділі автором проведено аналіз та оптимізація існуючих методик використання даних ДЗЗ для розробки методологічних засад оцінки довгострокових ризиків надзвичайних ситуацій з використанням даних супутникового спостереження.

Описано дешифрувальні ознаки щодо оцінювання і прогнозування стану гідрологічної та гідрогеологічної безпеки територій на прикладі оцінки запасів снігу та визначення перезволожених ділянок ґрунтового покриву за даними супутникових спостережень. Показано, що за умови відповідної верифікації даних, використання запропонованих методів, що базуються на цих дешифрувальних ознаках, дозволяє оцінювати паводковий потенціал територій протягом сезону. Зроблено висновок, що методи ДЗЗ є надійним джерелом інформації при складанні інтегральних прогнозів розвитку паводкової ситуації

З метою визначення шляхів калібрування моделей енергомасообміну в геосистемах, в першу чергу – моделей водного балансу, та верифікації даних супутникових спостережень земної поверхні, протягом 2005 – 2008 рр. автором було проведено низку польових вимірювань окремих параметрів снігового покриву, ґрунтового покриву та параметрів рослинності. Дослідження проводилися на 10 тестових ділянках України, що характеризуються різними ландшафтно – кліматичними умовами (Київська, Волинська, Львівська, Закарпатська та Житомирська області). Ціллю досліджень було визначити параметри ґрунтового покриву та рослинності, необхідні для моделювання, та систематизувати їх у вигляді відповідних каталогів для подальшого використання.

За результатами робіт було складено каталоги даних. В каталог поміщені фотографічні зображення, стандартизовані описи досліджуваних ділянок, географічні координати точок спостереження, номери відібраних проб (якщо їх було взято), дати та час вимірів тощо.

Наукова новизна дисертаційної роботи пов'язана з розробкою показників довгострокової небезпеки виникнення НС за допомогою комплектування даних ДЗЗ різних діапазонів, які у вирішенні даної проблеми виконано вперше. Значною мірою це пов'язано з тим, що сучасні зміни довкілля більшості регіонів України мають мультифакторну природу, внаслідок чого параметри масоенергообміну мають високу варіативність. Тому розробку моделі виділення корисного сигналу в умовах формування складних динамічних ПТГС можна вважати вирішенням складної наукової задачі з підвищенням інформативності даних ДЗЗ за умов комплексного впливу на довкілля природних і техногенних чинників.

На нашу думку принципову наукову новизну мають авторські удосконалення методів оцінки просторово-розподілених показників ризику, зокрема спільного аналізу багатовимірних мультिवаріативних величин на основі непараметричних ядерелівських копула-функцій та метод оцінки ризиків на основі використання правила Баєса.

Практичне значення одержаних результатів.

Основну частину запропонованих підходів та розроблених методів контролю та моніторингу ландшафтних пожеж було впроваджено в Черкаській академії пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля та в Державному комунальному підприємстві «Плесо» Київської міської державної адміністрації, що є свідченням сучасного наукового рівня та організаційно-технологічної ефективності.

Крім того, отримані дані систематично використовуються при підготовці щорічних випусків Національної доповіді «Про стан техногенної та природної безпеки в Україні», що надає можливість суттєвого удосконалення оцінок параметрів НС та екологічного ранжування зон їхнього впливу. Також результати роботи впроваджено в інших установах та організаціях.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях.

За результатами дисертаційної роботи опубліковано у 48 друкованих роботах, з них, 23 – статті у фахових періодичних виданнях, 25 – розділи у збірниках та монографіях, 21 робота опублікована англійською, 12 робіт входять до бази SCOPUS, 6 робіт у переліку додатково висвітлюють зміст дисертаційної роботи.

Оцінка ідентичності змісту автореферату та основних положень дисертації.

Зміст та структура автореферату ідентично відображають викладені в дисертації дослідження, основні наукові результати та висновки.

Редакційний аналіз.

Назва роботи цілком відповідає її змісту. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає встановленим вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р.

Дискусійні положення та зауваження по дисертаційній роботі.

Позитивно оцінюючи в цілому виконану роботу, вважаю необхідним зробити ряд зауважень і поставити декілька запитань, з приводу яких хотілося б почути думку автора.

Зауваження щодо першого розділу «Аналітичний огляд стану досліджень в галузі застосування супутникових зйомок в комплексі методів моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій» пов'язане зі схематичністю авторської трактовки моделей сталого та збалансованого розвитку, враховуючи їх недостатню функціональну визначеність у просторово-часовій параметризації.

Запитання щодо другого розділу «Моделі водообміну в геосистемах та індикатори екстремальних гідрогеологічних процесів»:

Чому автором обмежено визначення напрямів використання даних ДЗЗ при обґрунтуванні критеріїв граничних змін екологічного стану провідних складових довкілля (ландшафтів, гідросфери, верхньої зони літосфери, геологічного середовища, приземної атмосфери)?

Чому при використанні класичних моделей руслового стоку не введено поправки у дані ДЗЗ з урахуванням рівня зарегульованя річкових басейнів та прояву глобальних змін клімату (варіації опадів, висоти та чистоти повеней та ін.)?

Зауваження до другого розділу:

Відсутній аналіз диференціації даних ДЗЗ техногенних змін режиму ґрунтових вод в межах територій з різними інженерно-геологічними комплексами (лесові плато, гірські схили, піщано-суглинисті утворення та ін.).

Зауваження щодо третього розділу «Методи просторового моделювання даних в задачах оцінювання загроз та ризиків, індукованих довгостроковими змінами довкілля».

Автором не наведено критеріїв диференціації супутникових даних з урахуванням міри зворотності або незворотності техногенних змін складових довкілля (осідання поверхні під гірничими виробками, формування ділянок підтоплення і затоплення, стійкого розвитку ерозії, зсувних деформаційних схилів та ін.)

Зауваження щодо четвертого розділу «**Методичні аспекти застосування аерокосмічних зйомок при вирішенні завдань екологічної безпеки та сталого природокористування**».

При визначенні паводкового потенціалу небезпечних територій викликає зауваження щодо відсутності кореляційних залежностей між параметрами глобальних змін клімату (потепління, швидкість сніготанення, висота та частота повеней) та техногенних деформацій річкового стоку та його балансових змін.

Проте зазначені недоліки та зауваження принципово не впливають на ступінь наукової новизни та практичної значимості отриманих в дисертаційній роботі результатів. Зроблені автором висновки і положення, що виносяться на захист, добре обґрунтовані, логічно впливають із отриманих даних і відповідають поставленим меті й завданням дослідження.

Загальний висновок щодо дисертаційної роботи.

В цілому дисертація Костюченка Юрія Васильовича «Комплексування даних супутникових спостережень і математичного моделювання в задачах оцінки геоекологічних ризиків і безпеки» є самостійною завершеною науковою працею, що спрямована на розробку нових підходів щодо оцінювання показників довгострокової небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій за допомогою комплексування даних ДЗЗ різних діапазонів, просторового аналізу даних, розроблених моделей енергомасообміну в природних системах та моделей формування корисного сигналу земних утворень та сприятиме більш ефективно застосовувати дані ДЗЗ і, таким чином, більш об'єктивно оцінювати довгострокову небезпеку виникнення надзвичайних ситуацій.

За науковою глибиною, рівнем теоретичного обґрунтування та практичною цінністю дисертація відповідає вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор, **Костюченко Юрій Васильович** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження.

Офіційний опонент

Директор Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
член-кореспондент НАН України
д.т.н., професор



Трофимчук О.М.