

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу, представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – «Екологічна безпека» на тему «Зменшення негативного екологічного впливу на довкілля від вторинного радіоактивного забруднення внаслідок лісової пожежі»

**Щербака Станіслава Сергійовича**

### **Актуальність теми.**

Аналіз протидії пожежам у природних екосистемах України протягом останніх років свідчить про значне збільшення пожеж у лісових масивах, на торфовищах, сільгоспугіддях та на відкритих ділянках місцевості. Найбільша кількість пожеж у лісових масивах мала місце на території Київської, Луганської, Харківської, Дніпропетровської та Житомирської областей. Попре небезпеку прямої дії (небезпечні чинники пожежі) на населення та міську інфраструктуру, лісові пожежі спричиняють значний небезпечний екологічний вплив на навколишнє природне середовище та населення, що мешкає в зоні ураження вторинних факторів.

Особливе занепокоєння викликає зростаюча динаміка пожеж у зоні відчуження Чорнобильської АЕС. На території якої, при оцінці негативних екологічних наслідків лісової пожежі, додатково необхідно враховувати зміни екологічної обстановки внаслідок міграції з продуктами горіння радіоактивних речовин. Підтвердженням гостроти існуючої проблеми є наявна статистика ДСНС України. За останні п'ять років кількість лісових пожеж на території Чорнобильської зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення (далі – Зоні) щорічно вдвічі перевищує сталі середні показники більш ніж тридцятирічного спостереження. А площа, яка була пройдена вогнем, в окремі роки перевищувала середній показник більш ніж у 30 разів.

Безумовно, питанням моделювання процесів виникнення, поширення та припинення лісових пожеж приділено широку увагу в роботах відомих вітчизняних та зарубіжних вчених, що у сукупності дало змогу сформувати на сьогоднішній день системну уяву щодо фізики протікання зазначених процесів та розробити низку практичних рекомендацій з підвищення ефективності заходів протипожежного захисту. Втім питання екологічного впливу на довкілля вторинних небезпечних чинників лісової пожежі, насамперед в зоні зі складними радіаційними умовами формування пожежного навантаження, досліджені на сьогодні епізодично. Ці процеси не систематизовано та не мають чіткого алгоритму всебічного дослідження.

Враховуючи це, науково-практична задача у сфері екологічної безпеки саме розробка підходів щодо зменшення негативного екологічного впливу на довкілля від вторинного радіоактивного забруднення внаслідок лісової пожежі в зоні зі складними радіаційними умовами формування пожежного навантаження є нагальною на часі та актуальною.



Крім того, актуальність дисертаційної роботи визначається тим, що обраний напрямок дослідження відповідає переліку проблем, які були наведені в планах наукової і науково-технічної діяльності ДСНС України на 2016-2020 роки. Підтвердженням актуальності є і те, що дослідження виконувалось у рамках науково-дослідних робіт, які проводились Національним університетом цивільного захисту України та Інституту державного управління та наукових досліджень у сфері цивільного захисту: «Розробка програмно-інформаційного комплексу оцінки характеристик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру» (№ ДР 0109U003072), «Розробка рекомендацій з підвищення ефективності управлінських рішень та формування стійкості керівного складу в умовах ліквідації надзвичайних ситуацій ландшафтного типу» (№ ДР 0110U003262), «Дослідження техногенно-екологічних наслідків Чорнобильської катастрофи на сучасному етапі» (№ ДР 0115U000337).

## **2. Мета та основна задача дослідження.**

З метою розробки науково-обґрунтованих підходів щодо зменшення негативного екологічного впливу на довкілля від вторинного радіоактивного забруднення внаслідок лісової пожежі в зоні зі складними радіаційними умовами формування пожежного навантаження у дисертаційному дослідженні виконано аналіз сучасного стану з оцінки його негативного впливу на довкілля.

Розглянуті початкові, граничні умови та визначено методика досліджень екологічного впливу на довкілля лісових пожеж з радіоактивним пожежним навантаженням. Розглянуто та систематизовано математичний апарат з моделювання процесів екологічного впливу на довкілля лісових пожеж з радіоактивним пожежним навантаженням. Також в роботі проведено експериментальні дослідження екологічного впливу на довкілля внаслідок лісових пожеж в складних радіаційних умовах утворення пожежного навантаження та у підсумку розроблено пропозиції щодо зменшення їх екологічного впливу на довкілля.

## **3. Наукова новизна отриманих результатів:**

- вперше розроблена трьохмірна модель процесу викиду та перенесення радіоактивно-насичених продуктів згоряння з осередку лісової пожежі, яка складається із залежностей, що визначають процеси міграції продуктів згоряння від рівнів імпульсу, маси і енергії повітряного потоку і кількості часток у димовому шлейфі;

- вперше отримано залежності процесів утворення "димових хмар", які спричинені лісовими пожежами в складних радіаційних умовах формування пожежного навантаження.

- удосконалено підходи з експериментального дослідження екологічного впливу лісових пожеж на довкілля, шляхом формування керуючого алгоритму та відповідних процедур з формування польових проб пожежного навантаження, проведення лабораторних експериментів з визначення небезпечного вмісту радіонуклідів у твердих та газоподібних продуктах горіння пожежного навантаження та формування масиву вхідних параметрів для подальшого математичного та комп'ютерного моделювання;

- удосконалено методи лабораторного вивчення екологічного впливу на довкілля небезпечних чинників лісових пожеж в складних радіаційних умовах утворення пожежного навантаження;

- набуло подальшого розвитку вивчення змін екологічної обстановки всередині та зовні зони відчуження ЧАЕС, яка формується вторинним радіоактивним забрудненням під час лісових пожеж;

- набуло подальшого розвитку формування залежностей, які визначають зв'язок між пожежоформуючими характеристиками типового пожежного навантаження в осередку пожежі та характеристиками продуктів згоряння, що визначають тривалість знаходження та висоту підйому радіоактивно уражених часток у верхніх шарах атмосфери.

#### **4. Структура та об'єм дисертації.**

По структурі дисертаційна робота є рукописом на 197 сторінках машинописного тексту, яка складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел з 132 найменувань, 2-х додатків. Включає 30 таблиць та 38 ілюстрацій.

**Вступ** розкриває основні положення та надає загальну характеристику роботи.

**Перший розділ** містить огляд літературних джерел, який довів, що в Чорнобильській зоні відчуження на сьогодні сформувалися складні радіаційні умови пожежного навантаження, яке у разі виникнення та поширення пожежі становить високу загрозу вторинного радіоактивного ураження територій, що може спричинити стрімке розростання зони екологічного лиха, як у середині, так і зовні зони відчуження. Після аварії на Чорнобильській АЕС кількість пожеж та площ пошкоджень вогнем лісів у Зоні збільшилась, що обумовлено впливом комплексу соціально-економічних та радіаційно-лісових чинників, серед яких головними є погіршення протипожежної охорони, протипожежного стану лісових масивів, недостатня ефективність протипожежної профілактики, відсутність дієвої системи екологічного моніторингу лісів. Питання моделювання процесів виникнення, поширення та припинення лісових пожеж досить широко розглянуто в роботах відомих вітчизняних та зарубіжних вчених. Останнє дало змогу сформулювати на сьогоднішній день системну уяву щодо фізики протікання зазначених процесів та розробити низку практичних рекомендацій з підвищення ефективності заходів протипожежного захисту. Втім питання екологічного впливу, насамперед в зоні зі складними радіаційними умовами формування пожежного навантаження, дослідженні на сьогодні епізодично. Зазначені процеси впливу не систематизовано.

**У другому розділі** визначено, що існуючі початкові (природні) умови регіону дослідження екологічного впливу лісових пожеж на довкілля за рахунок їх різноплановості визначають наявну проблему - вторинного впливу іонізуючих випромінювань на довкілля внаслідок лісової пожежі, як складну та багатопланову зі змінними у часі характеристиками біологічної та протипожежної стійкості насаджень в залежності від щільності забруднення ґрунту радіонуклідами.

Доведено, що з існуючих граничних (погодно-кліматичних) умов регіону дослідження екологічного впливу лісових пожеж на довкілля найбільший внесок у негативну динаміку пожежної небезпеки території дослідження, становлять довготривалі посушливі періоди весною та влітку, в результаті яких підвищується вірогідність виникнення та розвитку великих лісових пожеж, наслідки яких у вигляді димових хмар, що вміщують радіонукліди, становлять загрозу періодичного вторинного ураження довкілля як всередині та і зовні зони відчуження.

Також у розділі сформована методика експериментальних досліджень екологічного впливу лісових пожеж на довкілля, яка складається з наступних

процедур: формування польових проб пожежного навантаження в наведених початкових та граничних умовах дослідження; проведення лабораторних експериментів з визначення небезпечного вмісту радіонуклідів у твердих та газоподібних продуктах горіння пожежного навантаження; визначення похибки проведення експериментів; формування масиву вхідних параметрів для математичного та комп'ютерного моделювання екологічного впливу лісових пожеж в складних радіаційних умовах пожежного навантаження на довкілля як всередині та і зовні зони відчуження.

**У третьому розділі** здобувач довів, що математична модель лісової пожежі в складних радіаційних умовах утворення пожежного навантаження є двомірною та двофазною моделлю, яка описується системою аналітичних залежностей, які визначають зв'язок між пожежоформуючими характеристиками типового пожежного навантаження в осередку пожежі та характеристиками продуктів згоряння, що визначають тривалість знаходження та висоту підйому радіоактивно уражених часток у верхніх шарах атмосфери.

Здобувач визначив основні аналітичні залежності процесів утворення "димових хмар", які спричинені лісовими пожежами в складних радіаційних умовах формування пожежного навантаження. Під час натурних та чисельних експериментів проведена перевірка їх адекватності для проведення подальших комплексних досліджень в інтересах вирішення задач прогнозування негативного екологічного впливу лісових пожеж на довкілля як всередині, так і за межами зони відчуження Чорнобильської АЕС.

На базі розглянутих основних залежностей здобувач розробив трьохмірну модель процесу викиду та перенесення радіоактивно-насичених продуктів згоряння з осередку лісової пожежі, яка складається із залежностей, що визначають процеси міграції продуктів згоряння від рівнів імпульсу, маси і енергії повітряного потоку і кількості часток у димовому шлейфі. Низка проведених натурних та чисельних експериментів довела адекватності наведеного математичного апарату для проведення подальших комплексних досліджень в інтересах вирішення задач прогнозування негативного екологічного впливу лісових пожеж на довкілля. Останній у сукупності з раніше отриманими залежностями щодо визначення фізико-хімічних властивостей осередку лісової пожежі та процесів утворення димових хмар доцільно використовувати для розрахунків процесу міграції продуктів згоряння від декількох осередків лісової пожежі, які мають складну геометричну форму, що у підсумку дозволяє отримати картину екологічного впливу на довкілля вторинного радіоактивного забруднення в залежності від відстані до джерела пожежі та метеорологічних параметрів, як всередині, так і зовні зони пожежі.

**Четвертий розділ** присвячено проведенню натурних експериментів, які свідчать про те, що вміст радіоактивних часток диму в приземному шарі атмосфери Зони може різко збільшуватися на декілька порядків за рахунок лісових пожеж. Короткочасний (декілька суток) підвищений вміст радіоактивних продуктів згоряння в приземному шарі повітря може досягати рівня значень радіаційної небезпеки, як для довкілля, так і безпосередньо для життєдіяльності населення яке проживає в чистій зоні на значних відстанях (до 30 км по осі сліду) від місця лісової пожежі. Особливу екологічну небезпеку становлять пожежі в лісах, забруднених Чорнобильським радіонуклідом, на західному сліді за рахунок випадання ТУЕ, оскільки наявність у радіоактивних продуктах згоряння плутонію призводить до

значних дозових навантажень на довкілля та населення, як всередині, так зовні зони відчуження.

Також в розділі здобувачем запропоновані методи лабораторного вивчення екологічного впливу на довкілля небезпечних чинників лісових пожеж в складних радіаційних умовах утворення пожежного навантаження, які складаються з відповідних методик виконання вимірювань та сучасного аналітичного обладнання, дозволили одержати високоточні вихідні дані, що характеризують концентрацію та склад радіоактивних димових часток, дисперсний склад як функцію розподілу за розміром радіоактивних аерозолів, за аеродинамічним діаметром, залежність пожежно-технічних характеристик лісових горючих матеріалів від типу пожежі та погодних умов.

На основі наведених експериментальних досліджень у натурних умовах були вивчені закономірності поведінки лісових горючих матеріалів при вогневих випробуваннях, встановлені кількісні параметри сублімації радіоактивних продуктів згоряння у повітрі при високотемпературній дії, отримана детальна інформація про розподіл та співвідношення  $^{137}\text{Cs}$  в димових газах. Встановлено кількісні параметри об'ємної активності димових часток у повітрі та композиція радіонуклідів. Останнє дає змогу у подальшому провести оцінку екологічного впливу на довкілля факторів вторинного радіоактивного ураження, як всередині, так і зовні зони відчуження.

Порівняльний аналіз експериментально отриманих результатів у ході лабораторних досліджень з результатами натурних експериментів отриманих, як в рамках існуючого дослідження, так і в раніше проведених дослідженнях, довів їх співпадання в довірчому інтервалі 0,95. Останнє свідчить про адекватність сформованого математичного апарату та побудованої на його базі методики лабораторних досліджень екологічного впливу на довкілля негативних чинників лісової пожежі в умовах радіоактивного утворення пожежного навантаження.

**П'ятий розділ** присвячено розробці пропозицій щодо зменшення негативного екологічного впливу від наслідків лісової пожежі на радіоактивно-ураженому пожежному навантаженні, які передбачають використання комплексної методики оцінки радіоекологічного ризику довкілля, яка ґрунтується на математичному апараті для аналізу вторинного впливу радіації на довкілля при лісових пожежах в складних радіаційних умовах утворення пожежного навантаження та складається з трьох рівневого керуючого алгоритму. Для реалізації керуючого алгоритму методика передбачає використання 4 процедур, а саме: процедуру проведення системного і комплексного аналізу параметрів, які характеризують радіаційно-небезпечні процеси навколо лісів; процедуру моделювання виникнення і розвитку лісової пожежі, а також міграції радіоактивних продуктів згоряння в навколишнє середовище; процедуру контролю екологічних ризиків для довкілля; процедуру оцінки індивідуальних екологічних ризиків від впливу вторинних радіаційних факторів для населення. Також наведені пропозиції щодо зменшення негативного екологічного впливу від наслідків лісової пожежі на населення, а також задіяного особового складу аварійно-рятувальних підрозділів, передбачають використання процедур оцінки індивідуального екологічного ризику і повинні включати наступні складові: контроль об'ємної концентрації радіоактивних продуктів згоряння або ж величин, прямо пов'язаних з нею; оцінку інтегральної концентрації радіоактивних продуктів згоряння; визначення активності, що відклалася в легенях та носовій порожнині людини, що потрапляє в зону вторинного ураження "димової хмари".

**У загальних висновках** визначено, що в дисертації запропоновано вирішення важливої науково-практичної задачі у сфері екологічної безпеки, а саме розроблено підходи до зменшення негативного екологічного впливу на довкілля від вторинного радіоактивного забруднення внаслідок лісової пожежі в зоні зі складними радіаційними умовами формування пожежного навантаження. За результатами виконаної роботи сформульовані 5 висновків, які загалом відображають зміст роботи і відповідають поставленим задачам та отриманим результатам.

### **Значимість для науки та практики результатів дослідження.**

Дослідження здобувача в дисертаційній роботі мають явно виражене науково-прикладне значення, яке полягає у розробці, по-перше, пропозицій щодо зменшення негативного екологічного впливу на довкілля від наслідків лісової пожежі на радіоактивно-ураженому пожежному навантаженні, які передбачають використання комплексної методика оцінки радіоекологічного ризику довкілля. Остання ґрунтується на математичному апараті для аналізу вторинного впливу радіації на довкілля при лісових пожежах в складних радіаційних умовах утворення пожежного навантаження. По-друге, у розробці пропозицій щодо зменшення негативного екологічного впливу від наслідків лісової пожежі на населення. Вони передбачають комплекс заходів, а саме виконання процедури оцінки індивідуального екологічного ризику вторинного радіоактивного ураження задіяного особового складу аварійно-рятувальних підрозділів та населення внаслідок лісової пожежі в складних радіаційних умовах утворення пожежного навантаження, яка включає наступні складові: контроль об'ємної концентрації радіоактивних продуктів згоряння або ж величин, прямо пов'язаних з нею; оцінку інтегральної концентрації радіоактивних продуктів згоряння; визначення активності, що відклалася в легенях та носовій порожнині людини, що потрапляє в зону вторинного ураження «димової хмари».

Результати наукових досліджень застосовані в практичну діяльність Єдиної державної системи цивільного захисту України, а саме в практичній діяльності Головного управління державної служби України з надзвичайних ситуацій у Київській області та Харківського лінійного виробничого управління магістральних газопроводів товариства з обмеженою відповідальністю «Оператор газотранспортної системи України».

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі здобувача** вважаю достатньою. Вона базується на детальному кваліфікованому аналізі широкого кола науково-технічних джерел, чіткому й логічному визначенні досліджуваної проблеми та постановки мети і задач дослідження, залученні великої кількості даних натурних та лабораторних вимірювань, математичному моделюванні, коректному формулюванні висновків. Результати натурних випробувань підтвердили обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

### **Оформлення дисертації, автореферату та апробація результатів дослідження.**

Дисертація і автореферат написані грамотно. Автореферат за змістом відображає основні положення дисертації, її структуру. Стиль викладу забезпечує наочність і доступність сприйняття.

Матеріали дисертації досить повно викладені в роботах здобувача, а також доповідались на 8 науково-технічних та науково-практичних конференціях, серед

яких: IX Міжвузівська науково-практична конференція «Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій» (Харків, 2010), 6 th International scientific and practical conference «Topical issues of the development of modern science» (Sofia, Bulgaria, 2020), 6th International scientific and practical conference «Dynamics of the development of world science». (Vancouver, Canada, 2020), 5 th International scientific and practical conference (Lviv, Ukraine, 2020), XIV Міжнародна науково-практична конференція «Actual problems of science and practice», (Стокгольм, Швеція, 2020), XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Екологічна безпека держави» (Київ, 2020), Міжнародна науково-практична конференція «Problems of Emergency Situations» (Харків, 2020), 7 th International scientific and practical conference «Scientific Achievements of modern society» (Ліверпуль, Великобританія, 2020).

**Публікації.** Результати дисертаційної роботи повністю відображено у опублікованих працях. Опубліковано 14 наукових праць, серед них: 6 публікацій у фахових виданнях України, з яких 5 включені до міжнародних наукометричних баз SCOPUS, Index Copernicus та Ulrich's Periodicals, 8 тез доповідей на наукових конференціях.

#### **Достовірність отриманих результатів.**

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановок дослідницьких задач, застосуванням стандартних процедур математичного аналізу. Здобувач проводив дослідження, використовуючи сучасне обладнання і нормативні методики, які застосовують для визначення вмісту радіонуклідів. Достовірність методів розрахунку перевірена шляхом зіставлення розрахункових і дослідних значень. Задовільна їх збіжність свідчить про достовірність і надійність отриманих результатів.

#### **Загальні зауваження по дисертації.**

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід зазначити деякі зауваження.

1. У розділі 1 роботи автор наголошує, що міграція радіонуклідів за межі Чорнобильської зони є комплексним процесом, у тому числі найбільш за рахунок річкового стоку. В той же час здобувач в роботі відповідні питання взаємовпливу різних міграційних шляхів, в тому числі від можливого вторинного радіаційного забруднення від лісових пожеж, залишив поза увагою.

2. Експериментальні залежності носять досить узагальнений характер, що не дозволяє визначити початкові умови пожежі та погодні умови навколишнього середовища за яких їх отримано.

3. Результати отримані здобувачем у розділі 5 роботи набули б більш практичної значущості, як би автор більш детально зупинився на процедурах практичної реалізації керуючих алгоритмів методики аналізу радіоекологічного ризику.

4. У тексті дисертації та авторефераті зустрічаються стилістичні та орфографічні помилки.

Зауваження, позначені вище, не впливають на позитивну оцінку дисертаційних досліджень, які являють собою оригінальну завершену наукову роботу, в якій викладено науково обґрунтовані рішення, що мають значення для практичного застосування у сфері екологічної безпеки.

Зміст дисертації відповідає спеціальності 21.06.01 – «Екологічна безпека».

За рівнем актуальності, наукової новизни та практичної значимості дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старший науковий співробітник» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567 зі змінами, які пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор, Щербак Станіслав Сергійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент:

Директор навчально-наукового інституту  
механічної інженерії, технологій і транспорту  
Національного університету «Чернігівська політехніка»  
д.т.н (21.06.01), професор



*[Handwritten signature]* С.Д. Цибуля  
30.10.2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ	
Вх. № _____	
05.11	2020 р.
Кількість аркушів: _____	
Осн. док. _____	додат. _____