

**Моніторинг і прогноз надходження вуглецю та продуктів горіння в атмосферу
від масштабних лісових пожеж на прикладі
Перганського природоохоронного науково-дослідного відділення
Поліського природного заповідника**

¹Валерій ЛЕВЧЕНКО, ²Роман ГУРЖІЙ

¹кафедра лісівництва та захисту лісу
Малинський фаховий коледж, УКРАЇНА
²кафедра лісівництва

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

Сучасний стан горимості лісів зони Центрального Полісся України і Поліського природного заповідника зокрема [1] визначає важливість та актуальність системи лісопірологічного моніторингу та прогнозування викидів продуктів горіння під час масштабних лісових пожеж, що практично неможливо реалізувати без залучення інструментальних методів та дистанційних супутникових даних з використанням ГІС-технологій. Інструментальні оцінки та прогнозування пожежних викидів в атмосферу – одне із сучасних напрямів тематичної обробки матеріалів супутникового моніторингу як під час діючих лісових пожеж, в тому числі верхових і таких, що набули характеру масштабних, так і в після пожежний період над лісовими згарищами.

В умовах зміни клімату, пожежі в лісових масивах Поліського природного заповідника роблять значний внесок у статистику надходження вуглецю не лише у масштабах Житомирської області, але й в масштабах України та всього Світу. Однак з урахуванням існуючих сценаріїв зміни пожежних режимів [2], рівень надходження вуглецю може суттєво збільшитись до 2050 року. Метою наших досліджень є створення електронно-інструментальної технології оцінки та прогнозування прямих лісопірологічних викидів вуглецю з можливістю диференційованого геоінформаційного обліку інтенсивності горіння лісів в зоні Центрального Полісся і Поліського природного заповідника зокрема, з врахуванням особливостей всіх стадій розвитку лісової пожежі. В даному дослідженні використовувались дані про масштабні лісові пожежі в умовах Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства в 2009, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2022 роках. Потужність тепловипромінювання від лісових пожеж нами обчислювалось з використанням стандартного електронного продукту MOD14/MYD14 (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>) платформи NASA, а також орбітальної супутникової платформи Etelsat_W4_W7 і методики Fire Radiative Power (FPR) [4, 5]. Цей показник пов'язаний з інтенсивністю активної зони лісової пожежі та кількості сукупної згораючої маси лісових горючих матеріалів [5]. Оцінки запасів лісових горючих матеріалів було узагальнено за матеріалами публікацій [1-4]. На етапі числового моделювання як вхідний параметр використовували узагальнений показник, що характеризує запаси ґрунтового покриву в різних типах лісів на прикладі Перганського, Копищанського, Селезівського природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника. Інтегральна кількість згорівши під час лісових пожеж в 2009, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2022 років запасів лісових горючих матеріалів в умовах Поліського природного заповідника, а також оцінка прямих викидів вуглецю визначались звикористанням методики FireMon У запропонованому нами підході було враховано площу пройдену вогнем (m^2), коефіцієнт, визначальний частку вуглецю в згораючій лісовій й біомасі (g/kg), а також ймовірні межі варіації коефіцієнта повноти згорання та кількості згораючої біомаси (kg/m^2) залежно від інтенсивності активної зони лісової пожежі, що класифікується дистанційно з дрона або супутникової платформи.

На першому етапі було отримано попередню класифікацію площ лісових пожеж в умовах Поліського природного заповідника в квітні-травні 2020 року за інтенсивністю горіння, яку визначали з урахуванням аналізу тепловипромінювання (FRP). Порогові значення, що розділяють категорії інтенсивності, визначали виходячи з статистичних параметрів розподілу радіаційної потужності, розрахованих за всіма пожежними пікселями бази даних пожеж. Квантилі інтенсивності були обмежені стандартним відхиленням (σ) від середнього (FRP_{ср}). Квантилі інтенсивності лісових пожеж в квітні-травні 2020 року були задані в наступних діапазонах: 1) $< \text{FRP}_{\text{ср}} - \sigma$; 2) від $\text{FRP}_{\text{ср}} - \sigma$ до $\text{FRP}_{\text{ср}} + \sigma$; 3) $> \text{FRP}_{\text{ср}} + \sigma$. Таким чином, вперше в Україні для лісових пожеж різного виду та складності на території Поліського природного заповідника інструментально класифіковані ділянки з низько-, середньо- та високоінтенсивним горінням за домінуючими деревостанами. В середньому площі пожеж низької інтенсивності в Поліському природному заповіднику становили 42–47% рік, пожежі середньої інтенсивності зафіксовано на площах 41–46%, частка високоінтенсивних пожеж – 10–13% від загальної площі заповідника. Дисперсія значень (σ) становила 6-15%. Розрахунки та середні статистичні оцінки пожежних викидів вуглецю та продуктів горіння в атмосферу виконували для двох, описаних раніше [3], можливих сценаріїв пожежонебезпечного сезону в умовах Житомирської області – умовно «стандартного» та екстремального (табл. 1).

Таблиця 1.

Характеристика прямих пожежних викидів в атмосферу під час лісових пожеж квітень-травень 2020 року в Житомирській області

Домінантні деревостани	Площі лісових пожеж, га	Мінімальна оцінка		Максимальна оцінка		% сумарного викиду (min.–max.)
		Тг С/рік	т С/га	Тг С/год	т С/га	
Вільшняки	434	41,4	15,5	52,0	17,8	51,6-62,4
Сосняки	2436,5	14,3	16,4	11,8	16,0	13,2-14,2
Березняки	763,6	1,9	20,3	3,1	19,6	2,3-3,7
Сосново-листяні	1432,3	3,8	13,3	4,7	19,4	4,5-5,7
НІР ₀₀₅	0,23	0,32	0,26	0,34	0,24	0,26

Оцінка кількості згорілих рослинних лісових горючих матеріалів виконувалася для кожної ділянки з відомою інтенсивністю горіння з урахуванням змінних коефіцієнтів повноти згорання. Диференціальний облік площ, пройдених лісовими пожежами змінної інтенсивності, дозволив отримати уточнені оцінки прямих викидів вуглецю та побічних продуктів горіння в атмосферу під час лісової пожежі на території лісокористуван Перганського природоохоронного науково-дослідного відділення Поліського природного заповідника. Розраховані значення прямих викидів вуглецю під час лісової пожежі становив 83 ± 21 Тг С/ рік. Багаторічні дані викидів вуглецю від лісових пожеж в умовах лісокористувань як Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства, так і поліського природного заповідника зокрема, варіювали від мінімальних значень 20–40 Тг С/рік (2004, 2005, 2007, 2009, 2010 рр.) до 227 Тг С/рік у 2020 р. Це значно нижче екстремальних оцінок, що наводяться як для лісових пожеж в умовах Житомирської області (>500 Тг С/рік), так і наприклад для Канади (>300 Тг С/рік). Попередньо був формалізований тренд пожежних викидів вуглецю та продуктів горіння рослинних біомас на території Поліського природного заповідника, який підтвердився новими даними, розрахованими за пожежонебезпечні сезони 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 років. з точністю інтерполяції лише на рівні $R^2 = 0,73$. На фоні сталого зростання пожежних викидів вуглецю

та продуктів згоряння рослинних біомас в умовах Поліського природного заповідника ми виділили три пожежонебезпечні сезони 2020, 2021, та 2022 р., коли оцінка викидів продуктів згоряння від лісових пожеж, а також вуглецю зафіксована в діапазоні 150–200 Тг З/рік. Ці оцінки відповідають описаним вище сценаріям екстремального пожежного сезону.

Висновки:

1. У динаміці прямих викидів вуглецю внаслідок лісових пожеж в умовах Поліського природного заповідника спостерігається значний тренд ($R^2 = 0,56$, $p < 0,05$), що відповідає встановленому раніше зростанню площі лісових пожеж в умовах Житомирської області

2. За нашими оцінками, залежно від кліматичного сценарію (RCP2.6, RCP4.0, RCP8.5) викиди вуглецю внаслідок лісових пожеж в умовах Поліського природного заповідника і Житомирської області в цілому до 2050 року можуть досягти від 220 до 700 Тг С/рік, а при «жорсткому» сценарії поширення лісових пожеж і 2300 Тг З/рік.

Сукупність запропонованих нами методів реалізує повний цикл обробки даних супутникового моніторингу для прогнозування прямих викидів вуглецю, продуктів горіння лісових горючих матеріалів під час лісових пожеж в зоні Центрального Полісся України з урахуванням динаміки розвитку лісової пожежі у режимі, наближеному до реального часу.

Література:

1. Волокитина А. В., Софронов М. А., Карнаухова Е. А. Прогнозирование поведения и последствий низовых пожаров с использованием крупномасштабных карт растительных горючих материалов. *Лесное хозяйство*. 2004. № 1. С. 41–43.
2. Гуржій Р. В. Динаміка горимості лісів Київського обласного управління лісового і мисливського господарства (ОУЛМГ). *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Здоров'я лісів, екосистемні послуги та лісові продукти для суспільства» Національний університет біоресурсів і природокористування України, 6–7 квітня. Київ, НУБіП України, 2017. С. 66–67.*
3. Зібцев С. В. Яворовський П. П., Левченко В. В., Сендонін С. Є., Токарева О. В., Коновальчук В. К., Гуменюк В. В. Лісова пірологія: підручник. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М. 2016. 331 с.
4. Levchenko V. B., Shulga I. V., Zalevsky R. A., Bezverkha L. M. Influence of climatic conditions on the state of fire hazard in forest edatopas of Zhytomyr Oblast Department of Forestry and Hunting and forecast of changes in climatic conditions for the period up to 2050. // V. B. Levchenko, I. V. Shulga, R. A. Zalewski, L. M. Bezverkha / *Innovative solutions in modern science* – 2018. - № 8 (27), (DOI 10.26886/2414-634X.8(27)2018.3). Dubai-2018. s. 27 – 53.
5. Деклараційний патент. Свідectво про реєстрацію авторського права на твір за №95983 від 11.02.2020 року. Комп'ютерна програма «Прогнозування стану пожежної небезпеки в лісах України на Digital-платформі». Автор(и) Яворовський Петро Петрович, Гуржій Роман Віталійович, Левченко Валерій Борисович, Устименко Ярослав Іванович, Сидоренко Сергій Григорович, Пузріна Наталія Василівна, Бойко Ганна Олексіївна.

Ключові слова: моніторинг, викиди від лісових пожеж, викиди вуглецю, Поліський природний заповідник

Контактна адреса: waleriy07@ukr.net