

*Ю.П. Стародуб, д-р фіз.-мат. наук, професор, П.П. Урсуляк  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## **РОЗРОБКА ЕТАПІВ ПРОЕКТУ З ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТИ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ (НА ПРИКЛАДІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)**

Розроблено етапи проекту з визначення впливу лісових пожеж на об'єкти підвищеної небезпеки на прикладі Івано-Франківської області. Проведена обробка супутникових даних для визначення пожежної небезпеки лісів. Зроблена оцінка стану лісових насаджень на даний час. У роботі описано можливі шляхи переходу лісових пожеж на об'єкти підвищеної небезпеки. На базі даних радарної топографії космічного апарату Шатл, створена карта пожежонебезпечних схилів, які можуть створювати загрозу виникнення верхових лісових пожеж.

*Ключові слова:* карта, об'єкт пожежної небезпеки, лісова пожежа, крутизна схилів.

**Постановка проблеми.** Потрібно зазначити, що з кожним роком кількість лісових пожеж значно збільшується, а разом з цим і збільшуються площі вигорілих лісів. В Україні на даний час профілактика лісових пожеж проводиться з низькою ефективністю, що і є причиною виникнення небезпечних загорянь. В такій ситуації потрібно розробити механізм управління проектами впливу лісових пожеж на об'єкти підвищеної небезпеки. Це забезпечить швидке реагування на них служб охорони лісових господарств та підрозділів МНС, зменшення часу гасіння пожеж та зменшення ризиків виникнення надзвичайних ситуацій.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналізуючи літературні джерела з теми, що пов'язана з проблематикою лісових пожеж та управління проектами, необхідно зазначити, що збереження лісів та збільшення їх площі є одним з пріоритетних напрямків сталого розвитку планети, необхідною умовою функціонування біосфери, проте він ще недостатньо висвітлений в публікаціях.

З метою мінімізації екологічного, економічного збитку, числа жертв, а також раціонального використання коштів на охорону лісів від пожеж, слід здійснювати прогноз лісової пожежної небезпеки. Для вирішення зазначених завдань в різних країнах світу розроблені індекси та системи оцінки пожежної небезпеки в лісах, наприклад, в Канаді [1], США [2], Європі [3]). У Росії застосовують критерій Нестерова [4]. Однак він фізично не змістовний і не враховує антропогенного навантаження і грозової активності.

Міністерство природних ресурсів Канади, за даними В. S. Lee [5], в даний час оперує двома національними інформаційними системами для управління лісовими пожежами: канадська інформаційна система по лісових пожежах (CanadianWildlandFireInformationSystem – CWFIS) і система моделювання, моніторингу та картування пожеж (FireM3). Обидві системи, зазначає В. J. Stocks [6], включають компоненти канадської системи оцінки лісової пожежної небезпеки (CanadianForestFireDangerRatingSystem – CFFDRS) і використовують систему просторового управління пожежами (SpatialFireManagementSystem – sFMS) [5] для отримання, управління, моделювання, аналізу та презентації даних.

Канадська методика використовується в таких країнах, як США, Нова Зеландія, Фіджі, Аргентина, Мексика, Індонезія, Малайзія. Система була успішно використана і у Фінляндії, Швеції [7]. Канадська методику прогнозування лісової пожежної небезпеки побудована з урахуванням аналізу великої кількості статистичних даних і досить точно прогнозує пожежну небезпеку [8].

У США в 1972 р. була розроблена методика визначення пожежної небезпеки на різних лісових територіях (NationalFireDangerRatingSystem – NFDRS). Структура американської системи являє собою абстрактну модель впливу різних факторів і умов на процес виникнення і

поширення пожеж. Система видає чотири індекси [9]: індекс виникнення пожежі з вини людини (Man-caused fire occurrence index – MCOI), індекс виникнення пожежі в результаті грозової активності (Lightning-caused fire occurrence index – LOI), індекс горіння (Burning index – BI) і індекс пожежного навантаження (Fire load index – FLI). Індекси MCOI і LOI визначаються з урахуванням компонента запалення (Ignition component – IC) і дають змогу оцінити очікуване число лісових пожеж.

На початок 2000 року групою вчених Viegas D. X., Bovio G., Ferreira A., Nosenzo A., Sol B. було проведено порівняльне дослідження різних методів прогнозу лісової пожежної небезпеки, розроблених в Південній Європі [10]. Всі методи представляють чисельний індекс, який зростає із збільшенням небезпечних умов. Південноєвропейські методи оцінки пожежної небезпеки [10], в основі яких лежать метеорологічні фактори, були протестовані, використовуючи статистичні дані за період 3-9 років. Канадський метод і модифікований метод Нестерова (Португалія) показали найкращі загальні експлуатаційні якості [10]. Слідом за цим дослідженням була розроблена так звана Європейська система – European Forest Fire Risk Forecasting System (EFFRFS), яка застосовувалася на території Південної Європи. Основу системи склали методи, розроблені в Італії, Франції, Іспанії, Португалії [10] і канадський метод [11]. Зазначені методи застосовуються в сукупності. В даний час застосовується модифікація Європейської системи, яка додатково враховує дані із супутників і називається European Forest Fire Information System (EFFIS) [12]. Для порівняння всі індекси наведені за 100-бальною шкалою. В останні роки система стала застосовуватися в деяких країнах Західної Європи. Результати роботи системи доступні в мережі Інтернет (офіційний сайт <http://effis.jrc.ec.europa.eu>).

При порівнянні, найбільш якісний компонент представлений канадським методом, то переваги та недоліки європейської системи аналогічні, північноамериканському. Канадська і американська системи схожі у своїй структурі, в підходах і принципах побудови індексу пожежної небезпеки. Тому обидві вони володіють мають подібні, як переваги, так і недоліки. Основний недолік полягає в тому, що явища сушіння і запалювання шару ЛГМ не моделюються з урахуванням реальних фізико-хімічних процесів. Основна перевага – врахування таких значущих чинників, як антропогенне навантаження, грозова активність і довготривала експлуатація в реальних умовах, показала ефективність застосування цих систем.

*Невирішена раніше частина загальної проблеми.* На даний час на території України не існує єдиної і якісної інформаційної системи для управління лісовими пожежами. Запровадження такої системи дасть змогу прогнозувати виникнення лісових пожеж, оцінювати стан насаджень та вигорілих територій. Включення в систему моніторингу лісових пожеж і використання даних про рельєф території та пожежонебезпечні схили дозволить покращити результати функціонування системи.

Формування цілей статті (*постановка завдання*). Розробити етапи управління проектом визначення впливу пожежної та техногенної небезпеки об'єктів підвищеної небезпеки Івано-Франківської області на лісові масиви. Провести аналіз лісових масивів та об'єктів підвищеної небезпеки території Івано-Франківської області за допомогою даних дистанційного зондування Землі. На основі аналізу провести оцінку пожежної небезпеки лісових масивів. За результатами оцінки визначити можливий вплив на промислові об'єкти Івано-Франківської області.

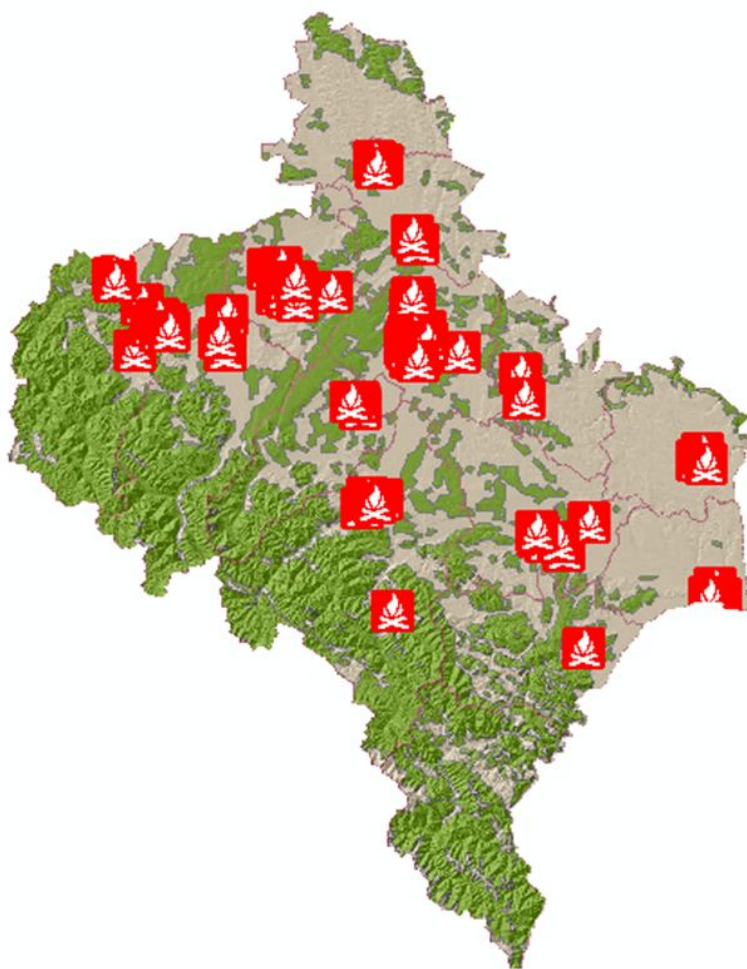
*Виклад основного матеріалу.* Етапи управління проектом визначення пожежної та техногенної небезпеки об'єктів підвищеної небезпеки, нами розроблено у таких кроках:

- Прив'язка супутникових знімків до території України
- Встановлення розташування об'єктів підвищеної небезпеки
- Встановлення конфігурації лісових масивів
- Обробка даних радарної топографії космічного апарату Шатл (SRTM)
- Аналіз відстані об'єктів пожежної небезпеки до лісових масивів
- Визначення пожежонебезпечних схилів

Кожний етап управління проектом, вимагає чіткого контролю. Прив'язка супутникових знімків до території України, відбувалась за загально відомою методикою програмного комплексу ENVI.

Встановлення розташування об'єктів підвищеної небезпеки проводилось по картографічних матеріалах масштабу 1:100 000. Відповідно до Державного реєстру[13], проведеного Державною службою гірничого нагляду та промислової безпеки, станом на 1 січня 2011 року у Івано-Франківській області зареєстровано 89 об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН) 1-го та 2-го класів.

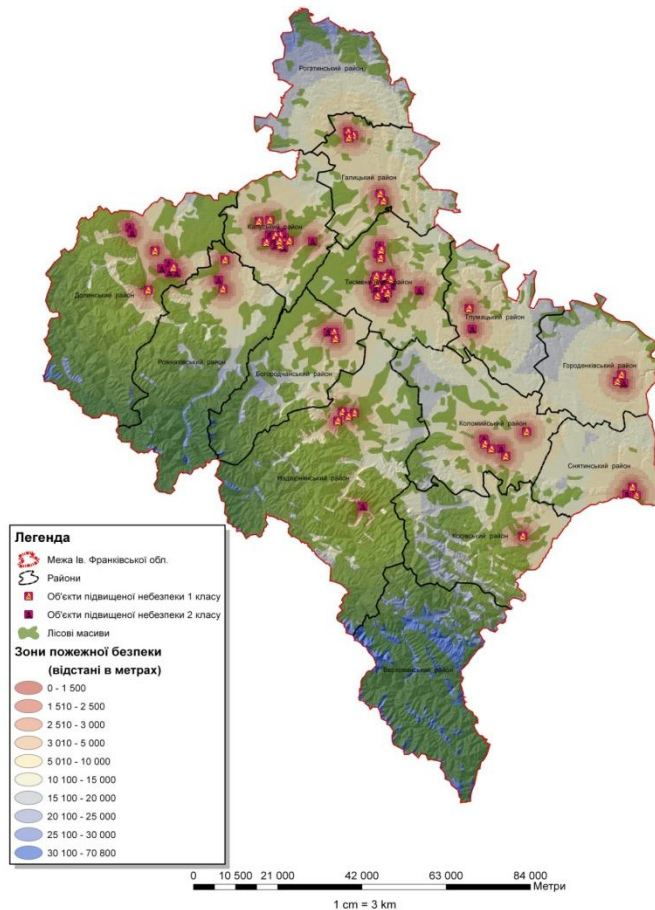
Конфігурація лісових масивів була встановлена за супутниковими знімками Quikbird. Обробка даних радарної топографіїкосмічного апарату Шатл (SRTM) проведена для встановлення рельєфу Івано-Франківської області. Схематичне розташування ОПН, лісових масивів та рельєфу зображено на рисунку 1.



*Рис. 1. Схематичне розташування ОПН, лісових масивів та рельєфу у Івано-Франківській області*

З рисунка 1 видно, що основна частина промислового потенціалу області зосереджена в передгірній зоні (центральної частині), в містах Калуші, Надвірній, Долині. Найменша кількість ОПН у південній (гірській) частині Івано-Франківської області.

Проведення аналізу впливу лісових пожеж на ОПН, нами вирішено провести на основі аналізу відстєней. Встановлюємо відстані зон пожежної безпеки для об'єктів 1-го та 2-го класів ОПН з кроком 1500 м. На рисунку 2 зображена карта зон пожежної безпеки з нанесеними безпечними відстанями для об'єктів 1-го та 2-го класів.



*Рис. 2. Аналіз відстані об'єктів пожежної небезпеки до лісових масивів*

Аналізуючи рисунок 2, приходимо до висновку, що у західній частині Івано-Франківській області Лісові пожежі не матимуть впливу на ОПН, проте в східній і центральній частині лісові пожежі матимуть великий вплив на ОПН., що вимагатиме підвищеної уваги до захисту від лісових пожеж.

Наступним етапом визначення впливу є визначення можливої інтенсивності поширення верхових пожеж на об'єкти ОПН.

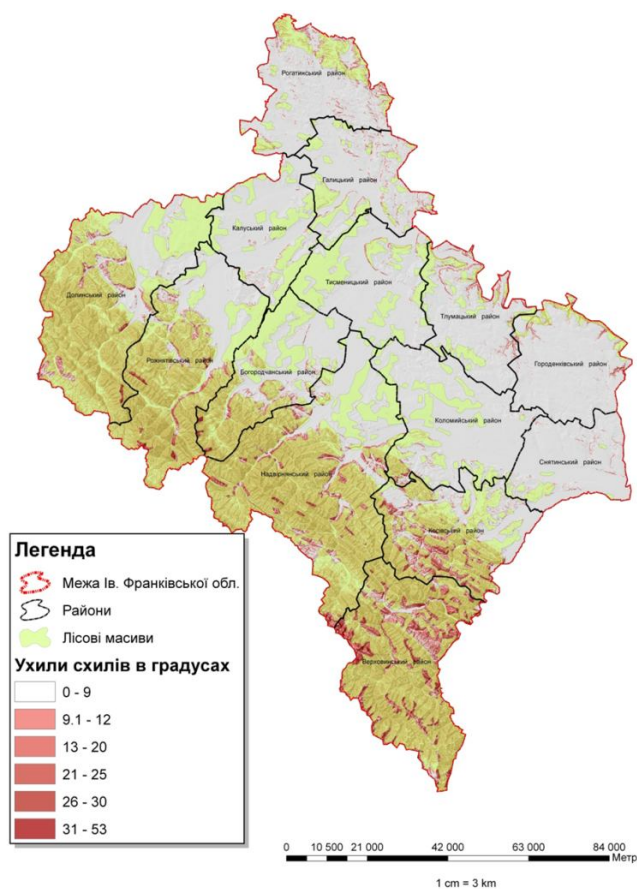
Рельєф місцевості, на думку І.С. Мелехова, впливає на виникнення та розвиток верхової пожежі таким чином, що низова пожежа на сухих підвищеннях переходить у верхову на крони хвойних насаджень, розташованих у низовинах. За умов зростання дерев на схилах їхні гілки, розташовані у напрямі зростання висоти рельєфу, перебувають на ближчій відстані до землі, ніж з інших боків. Вони можуть зайнятися швидше, що призведе до виникнення верхової пожежі. Крім того, низова пожежа вгору по поверхні схилу поширюється значно швидше, ніж в інших напрямках. При цьому висота полум'я та інтенсивність низової пожежі будуть вищими, ніж для рівнинного рельєфу, що також сприяє переходу низової пожежі у верхову.

Для оцінки стану лісових масивів та визначення крутизни схилів Карпатських гір була розроблена карта Івано-Франківської області, на якій зазначено (рис.3):

- розподіл області на райони;
- лісові масиви області;
- аналіз пожежонебезпечних схилів.

Як вже було зазначено вище, рельєф впливає на розвиток верхової пожежі. Оскільки по нахилених гілках пожежа може швидко перейти на крону дерев, потрібно визначити найбільш небезпечні схили області. Є зрозумілим те, що чим більша крутизна схилу, тим розви-

ток верхової пожежі є ймовірнішим. Аналізуючи літературні джерела, робимо висновок, що автори подають різні значення по крутизні схилів але у більшості літератури зустрічаються значення крутизни у 9°. Отже, на карті визначено пожежонебезпечні схили Івано-Франківської області починаючи від 9 і закінчуючи 53 градуси.



*Рис. 3. Розміщення лісових насаджень на пожежонебезпечних схилах*

Аналізуючи картографічні дані робимо висновок, що найбільше пожежонебезпечних схилів знаходяться на півдні Івано-Франківської області. Отже у цій місцевості є висока ймовірність розвитку верхових пожеж внаслідок низових, проте об'єктів підвищеної небезпеки в південній частині області розташовано найменше. Тому слід зробити висновок, що верхові пожежі не загрожують об'єктам підвищеної небезпеки в Івано-Франківській області

**Висновки.** У даній роботі розроблено етапи управління проектом визначення впливу пожежної та техногенної небезпеки об'єктів підвищеної небезпеки Івано-Франківської області на лісові масиви. Проект розроблявся на основі даних дистанційного зондування Землі (супутникових знімків) та

Створення методики починалося із обробки супутникових даних за допомогою програмних пакетів ENVI і ArcGIS. В цих пакетах була проведена прив'язка супутникових знімків до кордонів України та Івано-Франківської області. У наступному етапі обробки було визначено вегетаційний індекс NDVI, що дозволяє провести аналіз стану живої рослинності території України та визначити в якому місці знаходяться лісові масиви, відкритий ґрунт чи водне середовище. Також було визначено температурний індекс, який дає змогу зробити оцінку температури поверхні землі.

У програмі ArcGIS була проведена корекція отриманих результатів, визначено значення вегетаційного та температурного індексу. Створено аналітичну карту відстаней об'єктів підвищеної небезпеки до лісових масивів, які можуть загрозувати їхній безпеці. На

карту нанесено об'єкти 1-го та 2-го класу небезпеки. У роботі описано можливі шляхи переходу лісових пожеж на об'єкти. На базі даних радарної топографії космічного апарату Шатл (ShuttleRadarTopographyMissionSRTM), створена карта пожежонебезпечних схилів, які можуть створювати загрозу виникнення верхових лісових пожеж. Ця карта була створена на основі оцінки крутизни схилів.

Представлений алгоритм проведення оцінки пожежної небезпеки на основі супутникових та розрахункових даних.

Перспективою подальших розвідок у даному напрямку є проведення прогнозів виникнення лісових пожеж.

#### Список літератури:

1. **Canadian** Forest Fire Danger Rating System / B.J. Stocks, M.E. Alexander, R.S. McAlpine et al. – Canadian Forestry service, 1987. – 500 P.
2. **Deeming J.E.**, Burgan K.E., Cohen J.D. The national fire danger rating system. Ogden, Utah: USDA Forest Service, General Technical report. INT-39. 1978. 66 P
3. **Camia A.**, Barbosa P., Amatulli G., San-Miguel-Ayanz J. Fire Danger Rating in the European Forest Fire Information System (EFFIS): Current developments // Forest Ecology and Management. 2006. Vol. 234. Supplement 1. P. S20.
4. **Нестеров В.Г.** Горимость леса и методы ее определения. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. 76 С.
5. **Lee B.S.**, Alexander M.E., Hawkes B.C., Lynham T.J., Stocks B.J., Englefield P. Information systems in support of wild land fire management decision-making in Canada // Computers and Electronics in Agriculture. 2002. Vol. 37. N 1-2. P. 185 –198.
6. **Canadian** Forest Fire Danger Rating System / B.J. Stocks, M.E. Alexander, R.S. McAlpine et al. – Canadian Forestry service, 1987. – 500 P.
7. **Taylor S.W.**, Alexander M.E. Science, technology and human factors in fire danger rating: the Canadian experience // International Journal of Wild land Fire. 2006. Vol.15. N 1. P. 121 – 135.
8. **Van Wagner C.E.** Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System / Petawawa. Canadian Forest Service. Technical report 35. – Ontario, 1987. 37 P
9. **Deeming J.E.**, Burgan K.E., Cohen J.D. The national fire danger rating system. Ogden, Utah: USDA Forest Service, General Technical report. INT-39. 1978. 66 P
10. **Viegas D. X.**, Bovio G., Ferreira A., Nosenzo A., Sol B. Comparative Study of Various Methods of Fire Danger Evaluation in Southern Europe // International Journal of Wildland Fire. 1999. Vol. 9. N 4. P. 235 – 246/
11. **VanWagner C.E.** Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System / Petawawa. Canadian Forest Service. Technical report 35. – Ontario, 1987. 37 p.
12. **Camia A.**, Barbosa P., Amatulli G., San-Miguel-Ayanz J. Fire Danger Rating in the European Forest Fire Information System (EFFIS): Current developments // Forest Ecology and Management. 2006. Vol. 234. Supplement 1. P. S20.
13. **Реєстр** об'єктів підвищеної небезпеки Державної служби гірничого нагляду та промислової безпеки [електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.dnop.kiev.ua/index.php?option=com\\_content&task=view&id=5858&Itemid=165](http://www.dnop.kiev.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=5858&Itemid=165)



**РАЗРАБОТКА ЭТАПОВ ПРОЕКТАС ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ  
ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ  
(НА ПРИМЕРЕ ИВАНО-ФРАНКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Разработаны этапы проекта с определения влияния лесных пожаров на объектах повышенной опасности на примере Ивано-Франковской области. Проведена обработка спутниковых данных для определения пожарной опасности лесов. Сделана оценка состояния лесных насаждений в настоящее время. В работе описаны возможные пути перехода лесных пожаров на объектах повышенной опасности. На базе данных радарной топографии космического аппарата Шаттл, создана карта пожароопасных склонов, которые могут создавать угрозу возникновения верховых лесных пожаров.

*Ключевые слова:* карта, объект пожарной опасности, лесной пожар, крутизна склонов.

*Yu. Starodub, P. Ursulyak*

**DEVELOPMENT PROJECT STEPS OF FOREST FIRES IPACT ON THE OBJECTIVE  
OF INCREASED DANGER (ON THE IVANO-FRANKIVSK REGION)**

The stages of a project of estimation forest fires impact on objects of increased danger on the example of Ivano-Frankivsk region were elaborated. Satellite data processing was conducted to determine forest fire danger. Current condition of forest plantations was assessed. The paper describes the migration paths of forest fires on the objects of increased danger. Based on Shuttle Radar Topography Mission a map of fire-hazardous slopes which may initiate forest fires was drawn.

*Key words:* map, object of fire danger, forest fire, steep slopes.

