

*В. В. Попович, А. І. Гапало, О. І. Башинський*  
*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## ОБВУГЛЮВАННЯ СТОВБУРІВ ЛИСТЯНИХ ДЕРЕВ ПІД ЧАС ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В МЕЖАХ УКРАЇНСЬКОГО РОЗТОЧЧЯ

**Проблема.** На території Українського Розточчя та Малеого Полісся (у яке переходить Жовківська частина Розточчя) нерідко виникають пожежі у природних екосистемах – лісові пожежі, горіння лучної рослинності, стерні, сміттєзвалищ та торфовищ. Такого роду пожежі окрім знищення матеріальних цінностей спричиняють значні викиди продуктів неповного розпаду та диму в повітря. Обвуглювання листяних порід дерев, поряд із хвойними, потребують детальнішого вивчення, оскільки на території Українського Розточчя переважають грабово-дубово-соснові, мішані дубові і букові ліси.

**Мета.** Метою роботи є вивчення, на основі експериментальних даних, ступеня обвуглювання стовбурів дерев основних лісоутворюючих порід Українського Розточчя під час лісових пожеж.

**Методи дослідження.** Температурному впливу свіжозрізані породи піддавали протягом 10 хв, при цьому з інтервалами 1 хв, 3 хв, 5 хв перевіряли ступінь пошкодження стовбура (обвуглювання, мм). Повторюваність досліду – триразова. Отримані дані дадуть змогу встановити обвуглювання стовбурів листяних деревних порід Українського Розточчя. Температуру полум'я вимірювали за допомогою безконтактного пірометра GM1150A. Для фіксації ступеня прогорання використовували мірну лінійку, виготовлену відповідно до ГОСТ 17435-72. Для фіксації часу горіння використовувався секундомір.

**Результати та обговорення.** Досліди виконували на свіжому повітрі за умов, максимально наближених до природних. Джерелом вогню слугувало штучне відкрите полум'я. Свіжозрізані колоди дерев встановлювали вертикально, безпосередньо у зоні горіння. Горючим матеріалом були порубкові рештки, опале сухе листя, солома, суха минулорічна трава. Встановлено, що найнижчий ступінь обвуглювання має дуб звичайний, який протягом 10 хв прогорів на 38 мм (при товщині колоди 124 мм). Такі породи, як граб звичайний та клен гостролистий повністю перегоріли за 10 хв (при діаметрах 129 мм та 140 мм відповідно).

**Висновки.** Дослідження температурного впливу на основні лісоутворюючі породи досліджуваного регіону показали, що всі вони відрізняються за обвуглюванням під час лісових пожеж. Було обрано три породи, які поширені в Українському Розточчі – граб звичайний (*Carpinus betulus*), дуб звичайний (*Quercus robur*) та клен звичайний (*Acer platanoides*). Для профілактики пожеж у лісових масивах слід проектувати протипожежні розриви із насадженнями дуба звичайного на узліссі.

**Ключові слова:** лісова пожежа, пожежа в природних екосистемах, пожежна небезпека, обвуглювання.

*V. V. Popovych, A. I. Hapalo, O. I. Bashinsky*  
*Lviv State University of Life Safety*

## BROADLEAVED TREE TRUNKS CHARRING DURING FOREST FIRES WITHIN THE UKRAINIAN ROZTOCHYA

**Introduction.** On the territory of Ukrainian Roztochya and Male Polissya (Zhovkva part of Roztochya included) fires often occur in natural ecosystems – forest fires, meadow vegetation burning, stubble, landfills, and peatlands. Such fires, in addition to the destruction of property, cause significant emissions of incomplete combustion products and smoke into the air. Charring of broadleaved species, along with conifers, needs more detailed research, as the territory of the Ukrainian Roztochya is dominated by hornbeam-oak-pine, mixed oak, and beech forests.

**Aim.** The object of the paper is to investigate the degree of tree trunks charring of the main forest-forming species in the Ukrainian Roztochya during forest fires based on experimental data.

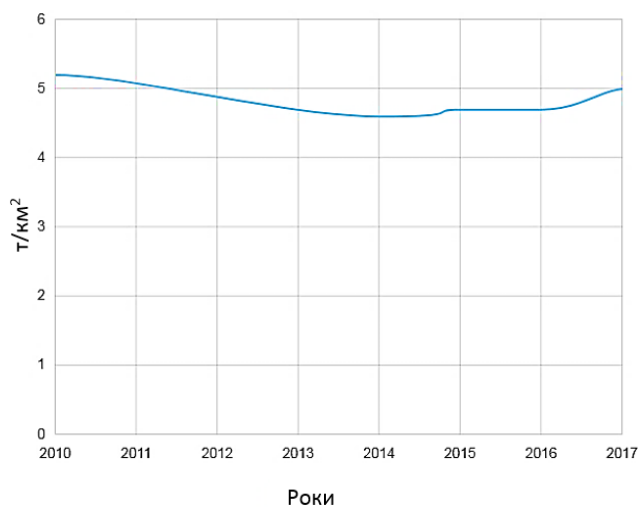
**Research methods.** Freshly cut trees were exposed to heating for 10 minutes, at periods of 1 minute, 3, and 5 minutes, checking the degree of damage to the trunk (charring, mm). Repeatability of the experiment – three times. Basing on received data the charring of broadleaved tree trunks in the Ukrainian Roztochya was determined. The flame temperature was measured by a GM1150A non-contact pyrometer. The level of burnout was measured by a ruler made following GOST 17435-72. A stopwatch was used to record the time of burning.

**Results and discussion.** The experiments were performed in the fresh air under close-to-natural conditions. The fire source was an artificial open flame. Freshly cut tree trunks were installed vertically, right in the burning zone. Cutting residues, fallen dry leaves, straw, dry grass was used as flammable material. It was found that the lowest degree of charring is inherent to oak, which has burned by 38 mm during 10 minutes (with log thickness of 124 mm). Species such as hornbeam and maple completely burned out in 10 minutes (in diameters of 129 mm and 140 mm).

**Conclusions.** Investigations of temperature effects on the main forest-forming species of the region have shown that they all differ in charring during forest fires. Three species grown in Ukrainian Roztochya were selected – hornbeam (*Carpinus betulus*), oak (*Quercus robur*), and maple (*Acer platanoides*). To prevent fires in forests, fire lanes should be planned with oak plantations on the edge of the forest.

**Keywords:** forest fire, fire in natural ecosystems, fire danger, charring.

**Постановка проблеми.** Українське Розточчя розташоване на адміністративній території Львівської області та простягається від Львова (на південному сході) до кордону із Польщею, а далі до Томашова, Щебрешина і Красника (на північному заході Польщі) тим самим утворюючи Польське Розточчя. На території Українського Розточчя та Малоого Полісся (у яке переходить Жовківська частина Розточчя) нерідко виникають пожежі у природних екосистемах – лісові пожежі, горіння лучної рослинності, стерні, сміттєзвалищ та торфовищ. Такого роду пожежі, окрім знищення матеріальних цінностей, спричиняють значні викиди продуктів неповного розпаду та диму в повітря. У Львівській області щорічно потрапляє в довкілля 4,5-5,5 т/км<sup>2</sup> різноманітних речовин (рис. 1).



**Рисунок 1** – Загальний обсяг викидів у Львівській області за 2010-2017 рр., т/км<sup>2</sup> (<http://www.openenvironment.org.ua/air/#>)

В Україні охорону лісів від пожеж забезпечують 307 державних лісгосподарських та лісомисливських підприємств, у складі яких функціонує понад 1700 лісництв та 273 лісові пожежні станції [1]. Чисельність відомчої пожежної охорони становить більше 13 тисяч осіб. У лісах створена мережа із 502 пожежно-спостережних веж, з яких 337 обладнано сучасними телевізійними системами спостереження. Державні лісгосподарські підприємства, що входять до сфери управління Держлісагентства, мають: 644 пожежні автомобілі,

467 лісопожежних модулів на повнопривідному шасі, 1700 тракторів з ґрунтообробним обладнанням, 1100 мотопомп, 8900 ранцевих лісових оприскувачів та інші технічні засоби. Майже 80% пожежної техніки має вік 30-40 років і потребує оновлення [1]. З метою оперативного виявлення та моніторингу загорянь в лісових насадженнях, дослідження осередків шкідників та хвороб лісу державними лісгосподарськими організаціями широко використовуються безпілотні літальні апарати (42 квадрокоптери) [1].

Умовам та наслідкам, які сприяють пожежам у природних екосистемах присвячено чимало наукових праць, проте всі вони передбачають дослідження хвойних порід, зокрема сосни звичайної. Так, у роботі [2] наведені результати досліджень пожежної небезпеки соснових молодняків залежно від віку у Малому Поліссі із застосуванням комп'ютерного моделювання лісової пожежі у фізичній моделі Wildland-Urban Fire Dynamics Simulator (WFDS). Встановлено, що перехід низової пожежі у верхову форму відбувається в насадженнях віком до 20 років, що спричиняє збільшення швидкості поширення пожежі та свідчить про зростання пожежної небезпеки.

Науковцями [3] досліджено вплив низової пожежі різної інтенсивності на санітарний стан і ріст соснових деревостанів Центрального Полісся України. Виявлено закономірний, прямий зв'язок між категорією стану дерева та його дефоліацією, обернену помірну кореляцію стану дерева від його діаметра, а також тісний зв'язок категорії стану дерева з нижньою висотою нагару. Також досліджено [4] постпірогенне природне поновлення у соснових насадженнях Поліського природного заповідника після низових пожеж різної інтенсивності. Встановлено залежність кількості поновлення сосни звичайної від середнього віку насадження. Проаналізовано розповсюдження, вікову і висотну структуру підросту та характер його розміщення на площі тощо.

Досліджувалися умови та способи переходу низової пожежі у верхову. Описано основні способи та умови, які сприяють такому переходу: займання полум'ям, іскри, теплопередача, вертикальне горіння стовбурів та поширення вогню ярусами як всередині лісу, так і узліссям [5]. Встановлено [6],

що радіалі та латералі впливають на пожежонебезпечні властивості опадів і підстилки, які встановлені на підставі результатів експериментальних досліджень пожежної безпеки в лісових насадженнях Малоого Полісся.

У роботі [7] наведено дані щодо пошкодження стовбурів сосни при низових пожежах. Авторами виявлено достовірну кореляційну залежність індексу стану та частки всихаючих і сухостійних дерев від пошкодження стовбура вогнем. Як критерій прогнозу стану пошкоджених пожежею сосняків запропоновано використовувати різницю висоти грубої кори і нагару на стовбурі. Науковці [8] декларують, що домінування типу пошкодження, залежить не тільки від виду пожежі, але і від сезону пожежі, характеристик деревостану, едатопу. Визначено особливості післяпожежного розвитку сосняків Рівненщини у різних едатопах, з різним періодом після пожежі та типом пошкодження. Досліджено роль різної величини пошкодження сосняків внаслідок низових пожеж на їх санітарний стан тощо.

Проведені дослідження [9] в натурних умовах свідчать про те, що вміст радіоактивних часток диму в приземному шарі атмосфери Зони відчуження може різко збільшуватися на декілька порядків через лісові пожежі. Короткочасний (кілька діб) підвищений вміст радіоактивних продуктів згоряння в приземному шарі повітря може досягати рівня значень радіаційної небезпеки для довкілля і безпосередньо для життєдіяльності населення, яке проживає в чистій зоні на значних відстанях (до 30 км по осі сліду) від місця лісової пожежі [9].

Зазначимо, що обвуглювання та умови горіння листяних порід дерев, поряд із хвойними, потребують детальнішого вивчення, оскільки на території Українського Розточчя переважають грабово-дубово-соснові, мішані дубові і букові ліси.

**Мета, методи, матеріали та прилади досліджень.** Метою роботи є вивчення, на основі експериментальних даних, ступеня обвуглювання стовбурів дерев основних лісоутворюючих порід Українського Розточчя під час лісових пожеж.

Для дослідження ступеня обвуглювання стовбурів листяних дерев було обрано три породи, які розвиваються в Українському Розточчі – граб звичайний (*Carpinus betulus*), дуб звичайний (*Quercus robur*) та клен звичайний або гостролистий (*Acer platanoides*). Діаметри досліджуваних порід наведено на рис. 2.

Температурному впливу свіжозрізані породи піддавали протягом 10 хв, при цьому з інтервалами 1 хв, 3 хв, 5 хв перевіряли ступінь пошкодження стовбура (обвуглювання, см). Повторюваність дослідів – триразова. Отримані дані дадуть змогу встановити обвуглювання стовбурів листяних деревних порід Українського Розточчя.

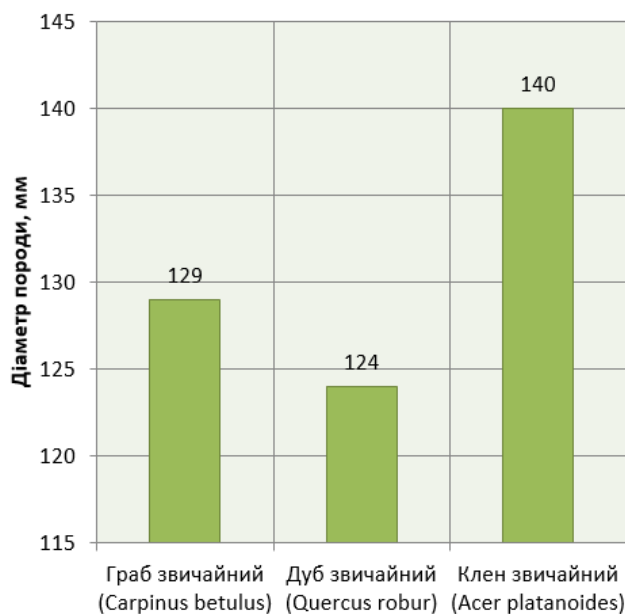


Рисунок 2 – Діаметри досліджуваних порід

Температуру полум'я вимірювали за допомогою безконтактного пірметра GM1150A. Для фіксації ступеня прогорання використовували мірну лінійку, виготовлену відповідно до ГОСТ 17435-72. Для фіксації часу горіння використовувався секундомір.

Досліди виконували на свіжому повітрі за умов, максимально наближених до природних. Джерелом вогню слугувало штучне відкрите полум'я. Свіжозрізані колоди дерев встановлювали вертикально, безпосередньо у зоні горіння. Горючим матеріалом були порубкові рештки, опалі сухі листя, соломка, суха минулорічна трава.

**Результати та обговорення досліджень.** Дослідження температурного впливу на основні лісоутворюючі породи досліджуваного регіону показали, що всі вони мають різний ступінь пошкодження. Пошкодженням слід вважати обвуглювання, оплавлення і вигорання матеріалів, з яких виготовлено зразок, на глибину понад 2 мм. Розмір пошкодження зразка вимірюється в сантиметрах у площині конструкції від межі контрольної зони, перпендикулярно до неї до найбільш віддаленої точки пошкодження зразка в контрольній зоні [10]. У нашому випадку пошкодження стовбурів дерев оцінювали за обвуглюванням.

Під час проведення дослідів максимальна температура полум'я становила +950°C.

Граб звичайний за першу хвилину проведення експерименту прогорів на 7 мм, що є найвищим показником для досліджуваних видів. Станом на третю хвилину горіння обвуглювання становило 25 мм та також має найвище значення. Через 5 хв від початку досліджень прогорання становило 30 мм. Станом на 10-ту хв стовбур прогорів повністю (рис. 3).



**Рисунок 3** – Рівень прогорання грабу звичайного

Дуб звичайний за першу хвилину проведення експерименту прогорів на 3 мм, що є найнижчим показником для досліджуваних видів. Станом на третю хвилину горіння обуглювання становило 10

мм та також має найнижче значення. Через 5 хв від початку досліджень прогорання становило 25 мм. Станом на 10-ту хв стовбур прогорів лише на 38 мм (рис. 4).



**Рисунок 4** – Рівень прогорання дуба звичайного

Клен звичайний за першу хвилину проведення експерименту прогорів на 5 мм, що є середнім показником для досліджуваних видів. Станом на третю хвилину горіння обуглювання становило

5 мм, що також є середнім значенням. Через 5 хв від початку досліджень прогорання становило 33 мм. Станом на 10-ту хв стовбур згорів повністю (рис. 5).



Рисунок 5 – Рівень прогорання клена звичайного

Результати досліджень динаміки обвуглювання наведено на рис. 6.

Математично динаміку обвуглювання для граба звичайного можна описати такою формулою:

$$l = 3,0816e^{0,8924t}$$

де  $t$  – час горіння, хв.

Математично динаміку обвуглювання для дуба звичайного можна описати такою формулою:

$$l = 2,9456t^{1,8679}$$

де  $t$  – час горіння, хв.

Математично динаміку обвуглювання для клена звичайного можна описати такою формулою:

$$l = 23t^2 - 73,2t + 60$$

де  $t$  – час горіння, хв.

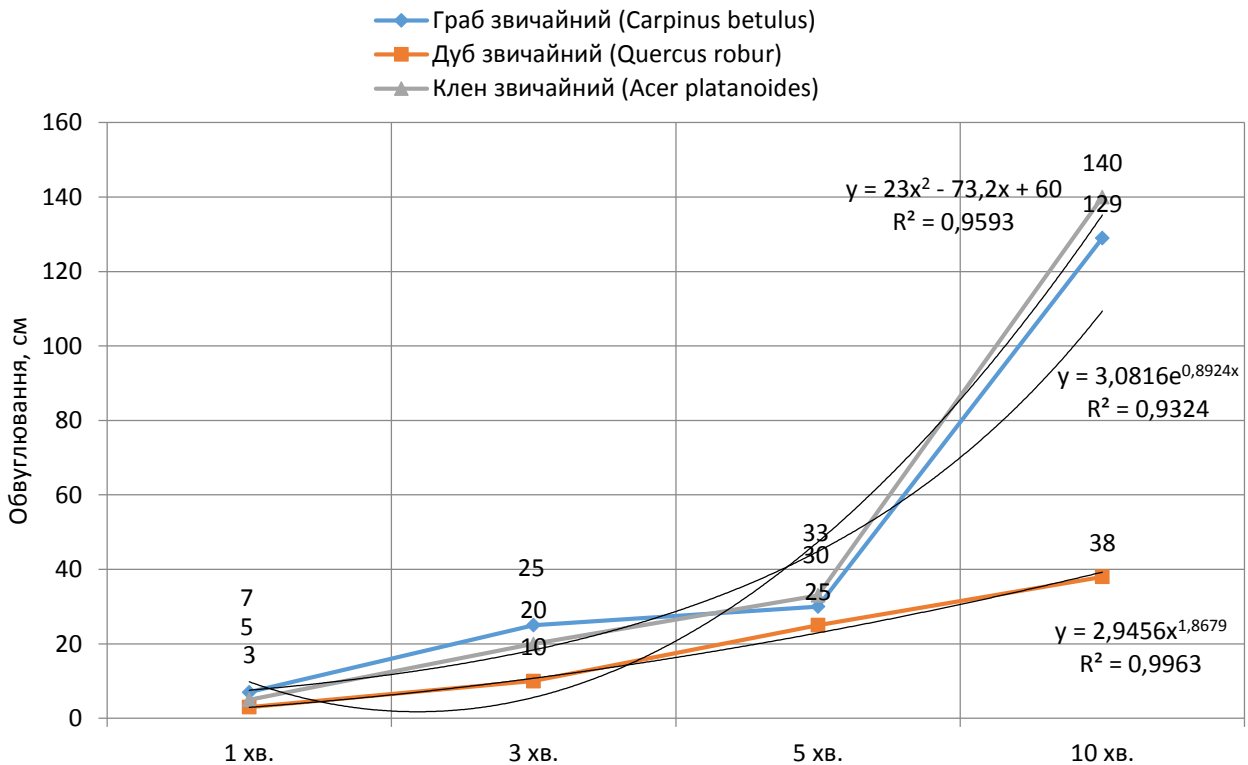


Рисунок 6 – Діаграма з даними про обвуглювання стовбурів деревних порід у різних момент часу від початку горіння

**Висновки.** Дослідження температурного впливу на основні лісоутворюючі породи досліджуваного регіону показали, що всі вони відрізняються за обвуглюванням під час лісових пожеж. Було обрано три породи, які розвиваються в Українському Розточчі – граб звичайний (*Carpinus betulus*), дуб звичайний (*Quercus robur*) та клен звичайний (*Acer platanoides*).

Температурному впливу свіжозрізані породи піддавали протягом 10 хв., при цьому з інтервалами 1 хв, 3 хв, 5 хв перевіряли ступінь пошкодження стовбура (обвуглювання, мм). Повторюваність досліджу – триразова. Встановлено, що найнижчий ступінь обвуглювання має дуб звичайний, який протягом 10 хв прогорів на 38 мм (при товщині колоди 124 мм). Такі породи як граб звичайний та клен гостролистий повністю перегоріли за 10 хв (при діаметрах 129 мм та 140 мм відповідно).

Для профілактики пожеж у лісових масивах слід проектувати протипожежні розриви із насадженнями дуба звичайного на узліссі.

#### Список літератури:

1. Офіційний сайт Державного агентства лісових ресурсів України. Охорона лісу від пожеж. – Режим доступу: [http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art\\_id=118927&cat\\_id=118926](http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=118927&cat_id=118926)
2. Товаряньський В. І., & Кузик А. Д. Оцінювання залежності пожежної небезпеки соснових молодняків від віку. Науковий вісник НЛТУ України. 2016. 26 (5). 220-227.
3. Гуменюк В. В., Голяка Д. М., & Зібцев С. В. Вплив низової пожежі на соснові деревостани у зоні Центрального Полісся України. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. 25 (9). 41-49.
4. Гуменюк В. В. Природне поновлення насаджень сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), пройдених низовими пожежами у регіоні Центрального Полісся України. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. 25(5). 48-55.
5. Кузик А. Д. Умови та способи переходу низової пожежі у верхову. Науковий вісник НЛТУ України. 2010. 20(13). 103-108.
6. Кузик А. Д. Вплив радіальних і латеральних потоків на пожежонебезпечні властивості лісового середовища. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. 23(16). 116-124.
7. Ворон В. П., Мельник Є. Є., & Сидоренко С. Г. Діагностика пошкодження стовбурів сосни при низових пожежах. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. 22 (10). 64-68.

8. Ворон В. П., Ткач О. М., & Сидоренко С. Г. Особливості пошкодження сосняків пожежами в Поліссі. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. 24(10). 45-50.

9. Азаров С. І., Шевченко Р. І., Щербак С. С. Експериментальні дослідження екологічного впливу на довкілля внаслідок лісової пожежі в складних радіаційних умовах утворення пожежного навантаження. Комунальне господарство міст. 2020. 1. 154. 333-338. DOI 10.33042/2522-1809-2020-1-154-333-338

10. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Додаток Д.

#### References:

1. Official site of the State Agency of Forest Resources of Ukraine. Forest protection from fires. - Access mode: [http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art\\_id=118927&cat\\_id=118926](http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=118927&cat_id=118926) (in Ukr.).
2. Tovaryansky V.I., & Kuzyk A.D. Estimation of dependence of fire danger of pine young growths on age. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine 2016. 26 (5). 220-227. (in Ukr.).
3. Gumenyuk V.V., Golyaka D.M., & Zibtsev S.V. Influence of grassroots fire on pine stands in the area of Central Polissya of Ukraine. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine. 2015. 25 (9). 41-49. (in Ukr.).
4. Gumenyuk V.V. Natural regeneration of *Pinus sylvestris* L. stands by grassroots fires in the Central Polissya region of Ukraine. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine. 2015. 25 (5). 48-55. (in Ukr.).
5. Kuzyk A.D. Conditions and ways of transition of the ground fire to the top. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine. 2010. 20 (13). 103-108. (in Ukr.).
6. Kuzyk A.D. Influence of radial and lateral flows on fire-hazardous properties of forest environment. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine. 2013. 23 (16). 116-124. (in Ukr.).
7. Voron V.P., Melnyk E.E., & Sydorenko S.G. Diagnosis of damage to pine trunks in grassroots fires. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine. 2012. 22 (10). 64-68. (in Ukr.).
8. Voron V.P., Tkach O.M., & Sydorenko S.G. Features of damage to pines by fires in Polissya. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine. 2014. 24 (10). 45-50. (in Ukr.).
9. Azarov S.I., Shevchenko R.I., Scherbak S.S. Experimental studies of ecological impact on the environment due to forest fire in difficult radiation conditions of fire load formation. Municipal Services of Cities. 2020. 1. 154. 333-338. DOI 10.33042 / 2522-1809-2020-1-154-333-338. (in Ukr.).
10. DBN B.1.1-7: 2016. Fire safety of construction sites. General requirements. Appendix D. (in Ukr.).

\* Науково-методична стаття