

ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ОРДЕНА «ЗНАК ПОШАНИ» НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА ТА АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЇ
ім. Г.М. ВИСОЦЬКОГО

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ТКАЧ ОЛЕГ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 630.43:630.181.4

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СОСНЯКІВ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ,
ПОШКОДЖЕНИХ НИЗОВИМИ ПОЖЕЖАМИ**

06.03.03 – лісознавство і лісівництво
(сільськогосподарські науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ (О. М. Ткач)

Науковий керівник: **Ворон Володимир Пантелеймонович**, кандидат
сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Харків – 2019

АНОТАЦІЯ

Ткач О. В. Особливості розвитку сосняків Волинського Полісся, пошкоджених низовими пожежами. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.03.03 – лісознавство і лісівництво. – Український ордена «Знак Пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, Харків, 2019.

У дисертаційній роботі наведено теоретичні узагальнення та результати досліджень щодо постпірогенного розвитку сосняків різного віку у Волинському Поліссі. Дослідження базувалися на принципах порівняльної екології та проведені за загальноприйнятими в лісівництві, лісовій таксації, дендрохронології методиками. У роботі застосовано модифіковані методики визначення відносної горимості, аномальності погодних умов, запасів і структури підстилки. Методичні підходи оцінювання динаміки пошкодження дерев базувалися на трьох типах поширення тепла під час низових пожеж. Отримані результати опрацьовано методами варіаційної статистики та математико-статистичного аналізу із використанням прикладних комп'ютерних програм.

На основі аналізу створеної бази даних випадків пожеж за період 2002–2017 рр. встановлено просторові та часові тенденції виникнення пожеж у лісах Рівненщини. У державних підприємствах лісового господарства Рівненщини зафіксовано 455 пожеж із площею пошкодження лісів 353,7 га. У той же час аналіз сформованої бази даних виникнення пожеж свідчить, що кількість пожеж та пошкоджена ними площа суттєво змінюються як у часі, так і в просторі. Зростання частоти років із аномальним підвищенням температури повітря й кількості посушливих днів суттєво загостило пірологічну ситуацію у Волинському Поліссі, для якого характерна значна частка сосняків із високою природною пожежною небезпекою.

Визначено основні тенденції виникнення пожеж:

- відносна горимість за кількістю випадків коливається від «середньої» до «надзвичайної», а за площею – від «низької» до «нижче за середню»;
- періодом пожежного максимуму є квітень – вересень, пожежний пік – травень;
- найбільше пожеж трапляється в середині тижня (до 36 %);
- сосняки найбільше пошкоджуються вогнем у борах;
- найвищу відносну горимість визначено в молодняках та середньовікових насадженнях;
- горимість лісів у перерахунку на всю площу є меншою, ніж горимість сосняків;
- помітне збільшення кількості пожеж та їхньої площі спостерігається за відстані від 1,1 до 4 км від населеного пункту;
- найбільший ризик виникнення пожеж є характерним для насаджень на відстані від 0,01 до 2 км від дороги.

Уперше виявлено вікові особливості формування запасів і структури підстилки як основного компонента лісових горючих матеріалів у соснових лісах Полісся. Показано, що через наявність значних запасів підстилки (від 117 до 862 ц/га) у соснових лісах Полісся навіть у вологих і мокрих гігротопах у сухі та аномально сухі періоди створюється надзвичайно висока природна пожежна небезпека.

Оскільки запас підстилки зростає з віком, можна стверджувати, що загроза сильного пошкодження дерев сосни після пожежі має таку ж тенденцію. Між віком і середнім запасом лісової підстилки встановлено сильну пряму кореляційну залежність ($r = 0,87$; $p = 0,05$).

Згорання значних запасів підстилки в сосняках Полісся може суттєво посилити вплив теплопровідності на коріння, розташоване близько до поверхні ґрунту і в нижньому горизонті підстилки. Тривалість і температура горіння збільшуються у разі зростання запасів підстилки. Режими горіння сухої підстилки в суборах унаслідок більшого її запасу характеризуються

вищими температурами, якщо порівняти з борами.

Структура підстилки внаслідок збільшення безструктурної мортмаси углиб профілю стає менш пухкою, що вповільнює швидкість горіння.

Результати експериментальних досліджень свідчать, що в міру висихання підстилки швидкість і температура її горіння зростають. Якщо в повітряно-сухому стані температура горіння досягає 295°C, то в абсолютно сухому – 655°C. Найнижчу температуру горіння зафіксовано на глибині понад 3 см у гуміфікованому шарі (333–347°C), а найвищу – у ферментативному (525–655°C). Посилення повітряних потоків спричиняє значне збільшення температури й швидкості горіння підстилки, оскільки завдяки цьому в ній збільшується вміст кисню.

Нагрівання ґрунтів під час низових пожеж має виразний поверхневий характер. Найвищу температуру відзначено на поверхні ґрунту. У міру збільшення глибини моноліту температура знижується. Найбільш відчутне зниження спостерігали в шарі від 0 до 4 см. Різниця між температурою на поверхні та на глибині 10 см може становити 240–300°C для дернових слаборозвинених ґрунтів і 260–400°C для сірих лісових ґрунтів.

Сухі піщані дернові слаборозвинені ґрунти униз по профілю нагріваються сильніше, ніж вологі. Зокрема, у сухих ґрунтах на глибині 4 см відзначали температуру 186°C, тоді як у вологих – лише 76°C. На глибині 6 см у сухих ґрунтах температура становила 120°C проти 67°C у вологих.

Під час досліджень виявлено, що піщані ґрунти прогріваються сильніше й глибше, ніж суглинисті. У піщаних ґрунтах на глибині 10 см температура становила 63–67°C, у суглинистих – 42–49°C.

Згідно з проведеними дослідженнями реакція попелу спаленої підстилки є сильно лужною: значення рН коливаються від 7,71 до 8,69. Завдяки цьому рН водного витягу верхнього гумусового горизонту ґрунтів зростає з 3,58–3,85 до 4,35–4,50. Причиною цього є високий вміст лужних металів у попелі. Сума їхніх водних форм зростає в 3,7–7,7 разу, а місткість катіонного обміну – у 2,0–2,3 разу. Проте в кислих ґрунтах це явище є

тимчасовим, оскільки лужні катіони досить швидко вимиваються опадами.

Інтенсивність, тривалість і величина післяпожежного відпаду залежать від типів розповсюдження тепла та викликаних пошкоджень, які мають свої особливості в різних регіонах. Конвективним потоком пошкоджуються бруньки і хвоя, тепловим випромінюванням – стовбур, внаслідок теплопровідності – коріння дерев. Домінування типу пошкодження залежить від запасів лісових горючих матеріалів, інтенсивності пожежі та едатопу.

У нормальні за кількістю опадів роки в сосняках сухих і свіжих гігротопів домінувало пошкодження стовбура. За висоти нагару від 0,54 до 2,50 м стан сосняків погіршувався від ослаблених до всихаючих. У вологих та сирих гігротопах особливу небезпеку становила теплопровідність ґрунту, оскільки саме в цих умовах сосна формує поверхневу кореневу систему та інтенсивно заселяє корінням нижній шар підстилки.

Найбільшу кількість сухостійних дерев зареєстровано в сосняках із періодом після пожежі більше ніж 12 місяців. Між тривалістю періоду після пожежі та збільшенням частки сухостійних дерев встановлено помірну пряму достовірну кореляційну залежність ($r = 0,69$; $n = 12$).

Виявлено, що в аномально сухі роки під час низових пожеж, коли згорала велика маса сухої підстилки, часто виникав конвективний тип передавання тепла, коли в результаті дії гарячих потоків повітря велика частка дерев мала значну дехромацію й дефоліацію крони.

У рік пожежі сильне погіршення стану та появу сухостою спостерігали за висоти нагару понад 2,1 м (частка сухостою була трохи більшою за 10 %). За висоти нагару понад 3,5 м всихало 20 % дерев.

У разі пошкодження різними тепловими потоками спостерігалось значно сильніше погіршення стану та всихання сосняків. Причому навіть за пошкодження стовбурів до 0,5 м частка сухостою становила 17 %, а за висоти нагару понад 4 м всихало 66,7 % дерев.

У сосняках із пошкодженням корневих систем стрімке погіршення стану було особливо відчутним лише через рік після пожежі, коли за

середньої висоти нагару до 0,5 м всихало 97,2 % дерев.

Погіршення стану супроводжувалося депресією радіального приросту дерев, яка посилювалася в аномально сухі періоди. Виявлено сильну кореляційну залежність між індексами радіального приросту сосни та висотою нагару.

Приріст не відновився навіть через 4–5 років після пожежі й зберіг чітку ієрархічну тенденцію: найбільшим він був у панівних дерев.

Погіршення стану сосняків Полісся внаслідок пожеж призводить до зниження частки ділових стовбурів із 70–89 до 14–37 %. Через два роки після пожежі вихід ділової деревини може становити лише 10–18 %.

Між інтенсивністю пожежі та зменшенням виходу ділової деревини після пожежі встановлено пряму достовірну кореляційну залежність. Вихід ділової деревини в сосняках, пошкоджених пожежами, зменшується зі збільшенням висоти нагару на стовбурах та погіршенням стану насадження.

Проведені дослідження дали змогу надати рекомендації щодо визначення ризику виникнення та поширення пожеж та щодо підвищення стійкості пірогенно пошкоджених сосняків Волинського Полісся. Результати досліджень дисертанта враховано в «Рекомендаціях щодо ведення лісового господарства в умовах антропогенного впливу» (схвалені Вченою Радою УкрНДІЛГА та науково-технічною радою Держлісагенства України), які впроваджено в практику лісового господарства та навчальний процес, що підтверджено відповідними актами.

Ключові слова: сосняки, низові пожежі, горимість, підстилка, типи поширення тепла, висота нагару, аномальність погодних умов.

SUMMARY

Tkach O. V. Specific aspects of the development of pine stands damaged by ground fires in Volyn Polissia. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for awarding the scientific degree of candidate of agricultural sciences in specialty 06.03.03 – Forest Sciences and Forestry. – Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Kharkiv, 2019.

The dissertation presents theoretical generalizations and results of research on post-fire development of pine sands in the Volyn Polissia zone. The study was based on the principles of comparative ecology and was carried out according to standard in forestry, forest inventory, and dendrochronology methods. In this work, modified methods for determining the relative fire danger, for estimating anomalies of weather conditions and assessing litter stock and structure were used. Methodological approaches to assessing the dynamics of tree damage were based on three types of heat distribution during surface fires. The obtained results were processed by methods of variation statistics and mathematical and statistical analysis with the use of computer software.

The spatial and temporal trends of the fire occurrence in the forests of Rivne Region were determined by the analysis of the developed database of fire incidents for the period of 2002–2017. In the state forest enterprises of Rivne Region, 455 fires were recorded with 353.7 hectares of damaged forests. At the same time, the analysis of the developed database of fires showed that the number of fires and damaged area significantly varied both spatially and with time. A higher frequency of years with abnormally high air temperature and the number of dry days increase fire frequency in Volyn Polissia. In this zone, there is a significant proportion of pine stands with a high natural fire hazard.

The following basic tendencies for the emergence of fires are determined:

- relative fire danger ranges from "average" to "extreme" by the number of fires and from "low" to "below average" by the area;
- the period of fire maximum is April – September, the fire peak is May;

- the greatest number of fires occurs in the middle of the week (up to 36 %);
- pine stands are most damaged by fire in the infertile pine site type;
- the highest relative fire danger is determined in young and middle-aged stands;
- the relative fire danger by the area, normalized by the total area of forests, is less than that of pine stands;
- a noticeable increase in the number of fires and their area is observed at a distance of 1.1 to 4 km from a settlement;
- stands at a distance of 0.01–2 km from a road have the greatest fire risk.

For the first time, age features of formation of stock and structure of litter, the main component of forest fuel in pine forests of Polissia, were revealed. It has been shown that due to the significant litter stock in Polissia pine forests (from 117 to 862 kg per ha) there was an extremely high natural fire risk in dry and abnormally dry periods, even in “moist” and “damp” types of soil.

As the litter stock increases with age, it can be argued that the threat of severe damage to pine trees after the fire has the same tendency. A strong positive correlation was found between the ages and average stocks of forest litter ($r = 0.87$; $p = 0.05$).

Combustion of significant litter stock in pine stands within Polissia zone can significantly increase the impact of heat conductivity on the roots located close to the surface of the soil and concentrated in the lower horizon of the litter. The duration and the temperature of the combustion increase for the larger volumes of litter. The dry litter in fairly infertile pine sites burns in higher temperatures compared with that in infertile pine sites due to its greater stock.

The structure of the litter becomes less porous due to the increase in the structureless mortmass into the depth of the profile. It slows down the combustion rate.

The results of the experimental studies indicated that the litter combustion rate increased and the temperature rose as far as the litter was drying. In the air-dry litter, the combustion temperature reached 295°C while in the absolutely dry

condition it was 655°C. The lowest combustion temperature was recorded at a depth of more than 3 cm in the H horizon (333–347°C), and the highest one – in the F horizon (525–655°C).

The increasing air flow caused a significant rise in the temperature and rate of litter combustion because it increased the oxygen content in the litter.

Soil heating during ground fires has a pronounced surface nature. The highest temperature was observed on the surface of the soil. As the depth of the monolith increased, the temperature dropped. The most noticeable decrease was observed in the layer from 0 to 4 cm. The difference between the temperatures on the surface and at a depth of 10 cm could be 240–300°C for weak sod soil and 260–400°C for gray forest soil.

The heating of dry weak sandy sod soil down the profile causes higher heat input than that of moist. In particular, at a depth of 4 cm, the temperature was 186°C in dry soil, while it reached only 76°C in moist one. At a depth of 6 cm, the temperature was 120°C for dry soil versus 67°C for wet one.

The sandy soil was found to warm deeper and more intensively as compared to loamy soil. In the sandy soil at a depth of 10 cm, the temperature was 63–67°C, in loamy one it was 42–49°C.

According to the study, the reaction of the ash of burned litter was highly alkaline: pH ranged from 7.71 to 8.69. Due to this, the pH of the water extraction of the upper humus horizon of soils increased from 3.58–3.85 to 4.35–4.50. The reason was the high content of alkali metals in ash. The sum of their water forms increased by 3.7–7.7 times and the cation exchange capacity became 2.0–2.3 times larger. However, in acidic soils, this phenomenon is temporary, since alkaline cations are washed rapidly out with precipitation.

The intensity, duration and value of post-fire mortality were found to depend on the types of heat propagation and damage caused, which had their own characteristics in different regions. Convective flow damages buds and needles, thermal radiation injures a trunk; the roots of trees are damaged due to thermal conductivity. The domination of the damage type depends on the forest fuel stock,

the intensity of the fire and the edatope.

In years with a “normal” amount of precipitation, damage to the trunk dominates in the pine forests in “dry” and “fresh” types of soil. At the height of char on tree stem from 0.54 to 2.50 m, the health condition of pine stands deteriorated from “weakened” to “drying up” category. In “moist” and “damp” types of soil, the heat conductivity of the soil was a particular danger because pine trees develop surface root systems in these conditions and extensively spread the roots in the lower layer of the litter.

The largest number of standing dead trees was recorded in pine stands with a post-fire period of more than 12 months. Between the post-fire period and the increase in the proportion of dead trees, a moderate positive correlation ($r = 0.69$; $n = 12$) was established.

It was found that in abnormally dry years during ground fires, with a large amount of dry litter burning, convective heat transfer took place, and a great number of trees underwent significant discolouration and defoliation of crowns under hot air flows.

In the year of the fire incident, severe health deterioration and dead standing trees were observed at the char height on tree stem over 2.1 m (the proportion of dead trees was slightly more than 10 %). At the char height of over 3.5 m, 20 % of trees died.

When trees were simultaneously damaged by several different types of heat, their health conditions deteriorated to a greater extent and they were dying more rapidly. Moreover, even for damage to trunks of up to 0.5 m, dead trees proportion was 17 %. At over 4 m char height, 66.7% of trees died.

In pine stands with damaged root systems, rapid health deterioration was especially noticeable only a year after the fire case when 97.2 % of trees died at the average char height on tree stem up to 0.5 m.

The health condition deterioration was accompanied by depression of the radial increment of the trees, which has been taking place up to now and increases in abnormally dry periods. A strong correlation between the indices of the radial

increment of pine trees and the char height on tree stem was revealed.

The increment did not recover even in 4–5 years after the fire case and retained a clear hierarchical tendency: it was the largest one in the dominant trees and the smallest in the co-dominant ones.

The health deterioration of pine stands in Polissya zone as a result of fires leads to a decrease in the proportion of merchantable trunks from 70–89 to 14–37 %. Two years after the fire, the yield of merchantable wood can be only 10–18 %.

A statistically significant positive correlation was found between the fire intensity and the decrease in the merchantable wood yield after the fire. The yield of merchantable wood in pine forests damaged by fires decreases with an increase in the char height on tree stem and deterioration of the stand health.

The studies made it possible to provide guidance on the assessment of the risk of fire occurrence and spread and on increasing the resilience of fire-damaged pine forests in Western Polissya. The research results of the dissertation have been taken into account in the Recommendations on Forest Management under the Anthropogenic Influence (approved by the Academic Council of URIFFM and the Scientific and Technical Council of the State Forest Resources Agency of Ukraine), which are implemented in the practice of forestry and educational process that is confirmed by the relevant acts.

Keywords: pine stands, ground fire, damage types, stem scorch height, post-fire tree mortality prediction, season of fire.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Мельник Є. Є. Лісівничо-екологічні особливості виникнення пожеж у лісах Рівненщини. Лісівництво і агролісомеліорація. 2013. Вип. 124. С. 146–153. (*Особистий внесок: збір і аналіз даних*).

2. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Тенденції у післяпожежному розвитку сосняків Рівненщини. Лісівництво і агролісомеліорація. 2014. Вип. 125. С. 181–187. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

Статті в наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних

3. Ткач О. М. Тенденції виникнення пожеж у лісах Рівненщини. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.9. С. 84–89.

4. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Особливості пошкодження сосняків пожежами в Поліссі. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.10. С. 45–50 (*Особистий внесок: участь у польових дослідженнях, аналіз даних*).

5. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Особливості пошкодження пожежами лісів у Поліссі. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2016. № 14. С. 38–44. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

6. Ворон В. П., Борисенко В. Г., **Ткач О. М.**, Мунтян В. К., Барабаш І. О. Параметри горіння підстилки соснових лісів Українського Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2016. Вип. 129. С. 130–138. (*Особистий внесок: відібрано моноліти, аналіз даних*).

7. Ворон В. П., Коваль І. М., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Постпірогенна динаміка радіального приросту в середньовіковому сосняку

Рівненського Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 130. С. 159–168. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

8. Ворон В. П., Коваль І. М., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Зміни радіального приросту в пошкодженному пожежею сосновому деревостані в Західному Поліссі. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27, № 9. С. 56 – 59. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

9. Ткач О. М. Пірогенне пошкодження та зміни товарності сосняків Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 131. С. 150–157.

10. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є. Запаси підстилки та живого надґрунтового покриву як показник пожежного ризику в соснових лісах Полісся. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2018. Вип 16. С. 9–16. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

11. Ворон В. П., Борисенко В. Г., Барабаш І. О., Мунтян В. К., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є. Вплив теплового випромінювання на лісові ґрунти. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 132. С. 105–114. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

12. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., **Ткач О. М.** Структура підстилки як показник потенційного пожежного ризику в соснових лісах Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 132. С. 115–123. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

Статті в закордонних наукових фахових виданнях

13. Ворон В. П., **Ткач О. Н.**, Сидоренко С. Г. Особенности пирогенного повреждения сосняков Полесья в засушливые годы. Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. 2017. Вып. 77. С. 413–424. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

Матеріали та тези конференцій

14. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Е. Е., **Ткач О. Н.** Прогнозирование развития сосняков Украины, поврежденных низовыми пожарами. Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития: материалы междунар. научно-практ. конф., Гомель, 09–11 октября 2013 г. Институт леса НАН Беларуси, 2013. С. 9–12. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

15. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Є.Є., **Ткач О. М.** Вивчення тенденцій виникнення та пошкодження лісів пожежами в різних природних зонах України. Лісівнича наука в контексті сталого розвитку: матеріали наук. конф. Харків, УкрНДІЛГА, 2015. С. 95–97. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

16. **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Зниження товарності деревини в сосняках, пошкоджених низовими пожежами у Поліссі. Матеріали V Міжнародної наук. конф. молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (м. Харків, 29–30 листопада 2017 р.). Харків, 2017. С. 28–31. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

17. Коваль І. М., Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Бологов О. Ю., Мельник Є. Є., **Ткач О. М.**, Невмивака М. А., Воронін В. О. Дендрохронологічні аспекти післяпірогенного розвитку соснових насаджень в Поліссі та Лісостепу. XIII Всеукраїнські наукові Таліївські читання (19–20 квітня, 2017, м. Харків): матеріали конф. Харків, 2017. С. 28–31. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

18. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Specifics of forest damage type and severity after surface fires in Polissya. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів» (м. Житомир, 24 листопада 2017 р.). Житомир, 2017. С. 26–27. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	17
ВСТУП	19
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОШИРЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ТА ПІРОГЕННИХ ЗМІН ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ.	24
1.1 Масштаби, причини та тенденції виникнення лісових пожеж.	24
1.2 Негативний вплив пожеж на лісові екосистеми.	28
1.2.1 Пірогенне порушення балансу вуглецю	28
1.2.2 Пірогенні зміни ґрунтів лісових насаджень	29
1.2.3 Пірогенні зміни деревостанів.	31
1.3 Заходи щодо запобігання лісовим пожежам і зменшення негативних наслідків	35
<i>Висновки до розділу</i>	38
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОБ’ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ . .	40
РОЗДІЛ 3. ТЕНДЕНЦІЇ ВИНИКНЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ У ЛІСАХ РЕГІОНУ	50
3.1 Часові тенденції виникнення пожеж	50
3.2 Таксаційна характеристика сосняків, пошкоджених пожежами. . . .	57
3.3 Просторові тенденції виникнення пожеж.	65
<i>Висновки до розділу</i>	68
РОЗДІЛ 4. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ Й ПАРАМЕТРИ ГОРІННЯ ПІДСТИЛКИ ТА ПІРОГЕННІ ЗМІНИ ҐРУНТІВ СОСНОВИХ ЛІСІВ.	70
4.1 Запас та особливості структури лісової підстилки як показники пожежного ризику в соснових лісах Поліської частини Рівненщини . . .	70
4.2 Температурні режими горіння підстилки соснових лісостанів	84
4.3 Вплив теплового випромінювання на лісові ґрунти	90

4.4 Пірогенні зміни хімізму ґрунтів соснових насаджень.	96
<i>Висновки до розділу</i>	100
РОЗДІЛ 5. ОСОБЛИВОСТІ ПІСЛЯПОЖЕЖНОГО РОЗВИТКУ	
СОСНЯКІВ У ВОЛИНСЬКОМУ ПОЛІССІ.	103
5.1 Особливості пошкодження сосняків у «мокрі» та «нормальні» роки.	103
5.1.1 Пошкодження стовбура тепловипромінюванням.	103
5.1.2 Пошкодження кореневих систем унаслідок теплопровідності. . . .	108
5.1.3 Пошкодження крон дерев у молодняках конвективним потоком під час низової пожежі.	111
5.2 Особливості розвитку сосняків, пошкоджених пожежами в аномально сухі роки.	114
5.2.1 Пошкодження стовбура тепловипромінюванням у сосняках. . . .	116
5.2.2 Пошкодження крони дерев конвективним потоком.	118
5.2.3 Пошкодження кореневих систем унаслідок теплопровідності. . . .	119
<i>Висновки до розділу</i>	121
РОЗДІЛ 6. ПІРОГЕННІ ЗМІНИ РАДІАЛЬНОГО ПРИРОСТУ ТА	
ТОВАРНОСТІ СОСНЯКІВ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ.	123
6.1 Зміни радіального приросту в пошкоджених пожежею сосняках. . .	123
6.1.1 Пірогенні зміни радіального приросту в 70- річному сосняку. . . .	123
6.1.2 Пірогенні зміни радіального приросту в 50- річному сосняку. . . .	128
6.2 Пірогенні зміни товарності сосняків Полісся.	134
<i>Висновки до розділу</i>	137
ВИСНОВКИ	139
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	141
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	142
ДОДАТКИ	170

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

Державні підприємства:

Влд – Володимирецьке СЛАП;

Клс – ДП «КлесівськеЛГ»;

Ксп – ДП «Костопільське ЛГ»;

Ост – ДП «ОстківськеЛГ»;

Ркт – ДП «Рокитнівське ЛГ»;

Срн – ДП «Сарненське ЛГ»

ДП – державне підприємство

ЖНП – живий надґрунтовий покрив

КК – клас Крафта

КПН – клас пожежної небезпеки

КС – категорія санітарного стану

Л-во – лісництво

ЛГ – лісове господарство

ЛГМ – лісові горючі матеріали

Лісництва:

Блв – Біловіжське;

Дуб – Дубнівське;

Крч – Кричильське;

Люб – Любонське;

Мащ – Мащанське.

Муш – Мушнянське

Нем – Немовицьке;

Стр – Страшівське;

Центр – Центральне

ЛФ – лісовий фонд

ППП – постійна пробна площа

ПСТ – природний ступінь товщини

СКК – середній клас Крафта

ТЛУ – тип лісорослинних умов

ТПП – тимчасова пробна площа

$D_{\text{сер}}$ – середній діаметр насадження, см

F_f – фактична величина критерію Фішера

F_{st} – стандартне значення критерію Фішера

$H_{\text{відн}}$ – відносна висота нагару, %

$H_{\text{гр. кор.}}$ – висота грубої кори, м

$H_{\text{сер}}$ – середня висота насадження, м

I_c – середній індекс санітарного стану насадження

Max – максимальне значення

Min – мінімальне значення

R – коефіцієнт кореляції

R^2 – коефіцієнт детермінації

t_{st} – критерій Стюдента, стандартна величина нормованого відхилення

t_f – фактичне значення величини нормованого відхилення

X – середнє арифметичне

V – коефіцієнт варіації

Z_R – поточний радіальний приріст стовбура

σ – середньоквадратичне відхилення

σ^2 – дисперсія

ВСТУП

Актуальність теми. Лісові пожежі – один із найнебезпечніших екологічних факторів, що ставить під загрозу існування лісів (Курбатський, 1970; Усеня, 2002). Проблема лісових пожеж є надзвичайно актуальною й для України (Левченко, 2015; Балабух, Зібцев, 2016; Ворон та ін., 2017). За останні 30 років середньорічна кількість пожеж в Україні зросла у 2,6 разу (Балабух, Зібцев, 2016).

Особливості пірогенних змін сосняків на території України вивчали в Лісостепу й Степу (Кузик, 2007; Ворон, 2012; Лещенко, 2013; Сидоренко, 2017), тоді як у Волинському Поліссі такі дослідження практично не проводили, оскільки вважалося, що виникненню лісових пожеж запобігає велика кількість опадів. Водночас зростання частоти років із аномальним підвищенням температури повітря та кількістю посушливих днів унаслідок зміни клімату (Зібцев, 2012) суттєво загострило пірологічну ситуацію в цих лісах. Тому вкрай актуальним є виявлення особливостей виникнення лісових пожеж і пірогенних змін сосняків Волинського Полісся.

Оскільки для соснових лісів Полісся характерним є накопичення значних запасів підстилки, що становить надзвичайну пірогенну загрозу за аномально сухих погодних умов, важливим є вивчення формування підстилки та температурного режиму її горіння.

У Поліссі, де сосняки у вологих і сирих гігротопах часто формують поверхневу кореневу систему з розвиненими кореневими лапами, особливе значення мають дослідження пірогенного пошкодження дерев різними типами теплових потоків.

Встановлення регіональних особливостей виникнення лісових пожеж і пірогенного пошкодження сосняків дасть змогу розробити систему заходів щодо попередження виникнення і мінімізації спричинених пожежами збитків.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано в лабораторії екології лісу Українського

науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДІЛГА) у межах державних науково-дослідних тем № 23 «Вивчити структурно-функціональні зміни деревостанів в умовах антропогенного впливу та розробити рекомендації щодо ведення лісового господарства в них» (2010–2014 рр., ДР 0104U001926) та № 7 «Вивчити стан та особливості росту насаджень, ушкоджених низовими пожежами, та визначити критерії прогнозування їх деградації в умовах Степу» (2015–2018 рр., ДР 0115U001202).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження було виявлення особливостей виникнення лісових пожеж і пірогенних змін сосняків Волинського Полісся. Відповідно до цього передбачалося вирішити такі завдання:

- створити й проаналізувати банк даних лісових пожеж та виявити часові й просторові тенденції їхнього виникнення;
- визначити особливості формування лісової підстилки як основного компонента лісових горючих матеріалів (ЛГМ) у соснових лісах Волинського Полісся;
- встановити температурні режими та фактори, що впливають на горіння підстилки соснових насаджень;
- визначити параметри та динаміку режимів нагрівання лісових ґрунтів під впливом теплового випромінювання;
- встановити пірогенні зміни хімізму ґрунтів соснових насаджень Волинського Полісся;
- визначити особливості пірогенного пошкодження та післяпожежного розвитку сосняків регіону;
- вивчити пірогенні зміни радіального приросту й товарності сосняків Волинського Полісся, пошкоджених низовими пожежами;
- розробити систему профілактичних заходів щодо попередження виникнення пожеж і мінімізації економічних збитків, спричинених ними.

Об’єкт дослідження – тенденції виникнення пожеж, лісові горючі

матеріали, постпірогенний розвиток сосняків Волинського Полісся.

Предмет дослідження – пошкоджені низовими пожежами сосняки Волинського Полісся України.

Методи дослідження. Дослідження базувалися на принципах порівняльної екології та проведені за загальноприйнятими в лісівництві й лісовій таксації методиками. Отримані результати опрацьовано методами варіаційної статистики та математико-статистичного аналізу з використанням прикладних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше:

- на основі аналізу бази даних випадків займань у лісах Рівненщини встановлено просторові та часові тенденції виникнення лісових пожеж, зокрема періоди пожежних максимумів і піків, виявлено залежність виникнення пожеж від погодних та лісорослинних умов та характеристик сосняків;
- визначено віковий тренд формування лісової підстилки як основного компонента лісових горючих матеріалів у соснових лісах Полісся;
- встановлено особливості режимів горіння лісової підстилки залежно від характеристик лісової підстилки;
- виявлено особливості розповсюдження тепла під час низових пожеж у ґрунтах: нагрівання ґрунтів під час пожеж має поверхневий характер; піщані ґрунти прогріваються сильніше й глибше, ніж суглинисті, а сухі – сильніше, ніж вологі;
- встановлено, що в умовах Волинського Полісся особливо катастрофічними є наслідки пожеж в аномально сухі роки, коли відбувається пошкодження крони конвективними потоками гарячого повітря. У вологих і сирих гігротопах до загибелі сосняків приводить пошкодження кореневих систем і лап;
- з'ясовано, що летальним для розвитку сосняків є пошкодження: а) конвективними потоками – 2/3 крони дерев; б) тепловипромінюванням –

стовбура за товщини кори менше ніж 3 мм; в) внаслідок теплопровідності–поверхневої кореневої системи.

Удосконалено методики оцінювання горимості сосняків та аномальності погодних умов.

Отримали подальший розвиток методичні підходи щодо оцінювання динаміки постпірогенної зміни радіального приросту й товарності сосняків.

Практичне значення одержаних результатів. Виявлення тенденцій виникнення пожеж, особливостей формування й горимості підстилки та пірогенного пошкодження сосняків дає змогу планувати заходи щодо попередження пожеж та мінімізації спричинених економічних збитків.

Результати досліджень дисертанта враховано в «Рекомендаціях щодо ведення лісового господарства в умовах антропогенного впливу» (схвалені науково-технічною радою Держлісагентства України, протокол № 3 від 20.04.2017) та впроваджено в практику лісового господарства та в навчальний процес, що підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є завершеною кваліфікаційною науковою працею здобувача. Дисертантом проведено інформаційний пошук та аналіз літературних джерел, розроблено програму, визначено методи досліджень, проведено польові та камеральні роботи, інтерпретовано отримані результати, сформульовано висновки та підготовлено рекомендації виробництву. Експериментальні дані отримано автором як самостійно, так і в складі експедицій лабораторії екології лісу УкрНДІЛГА. Формулювання основних положень дисертації здійснено особисто дисертантом. Для написання спільних з іншими авторами наукових публікацій автор брав безпосередню участь у зборі експериментальних даних, аналітичному опрацюванні отриманих результатів і підготуванні текстового матеріалу.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації й результати досліджень оприлюднено на конференціях загальнодержавного й міжнародного рівнів: «Современное состояние и перспективы охраны и

защиты лесов в системе устойчивого развития» (Гомель, 2013), «Лісівнича наука в контексті сталого розвитку» (Харків, 2015), «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (Харків, 2017), XIII Всеукраїнських наукових Таліївських читаннях (Харків, 2017), «Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів» (Житомир, 2017).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 18 наукових праць, із них 2 статті – у наукових фахових виданнях України, 10 статей – у наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз даних, 1 стаття – в закордонному фаховому виданні, 5 публікацій – у збірках матеріалів і тез доповідей наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків і рекомендацій виробництву, списку використаних джерел (287 найменувань, із них 66 латиницею) та 12 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 191 сторінок, з них основний текст викладено на 141 сторінці, ілюстровано 55 таблицями та 69 рисунками.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОШИРЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ТА ПРОГЕННИХ ЗМІН ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

1.1 Масштаби, причини та тенденції виникнення лісових пожеж

На розвиток лісів у багатьох регіонах світу впливають пожежі.

Про масштабність пожеж у минулому можна судити лише по окремих публікаціях [33, 74, 136]. Так, пожежа в 1915 р. пошкодила тайгу на площі 1,6 млн кв. верст по всьому Сибіру, і було знищено 165 млн м³ деревини [74].

Лише з появою супутників встановлено, що тільки у бореальних лісах у 1980-ті роки щорічно вигорало до 8 млн га [142]. За іншою інформацією, на нашій планеті щорічно гине від пожеж близько 350 млн га лісів [286].

Наймасштабніші пожежі відзначено на території Російської Федерації (РФ), де кожного року виникає від 10 до 40 тис. випадків лісових пожеж [4], а площа, пройдена вогнем, становить близько 120 млн га [104]. Оцінка масштабів таких пожеж є досить суперечливою. Найбільше пожеж (83 %) виникає на території Східного Сибіру [17, 31, 215, 220, 246] і Далекого Сходу і лише 17 % – у районах Західного Сибіру [29, 32]. Тільки в 1998 р. в Хабаровському краї загальна площа згарищ становила 2,5 млн га [222]. У 2005 р. згоріло понад 5,0 млн м³ деревного запасу на площі близько 134,5 тис. га. Того ж року в Республіці Саха-Якутія площа, пройдена вогнем, становила 335,2 тис. га [10]. У Росії кожна третя пожежа призводить до всихання насаджень [257], загалом це становить 1,5–3 млн га лісів [17, 160].

У США й Канаді щорічно буває 150 тис. лісових пожеж [246, 249]. Лісові пожежі 2007 р. у Каліфорнії прирівняно до національної катастрофи [249].

За 10 років на Борнео один раз пройдено пожежами 21 % площі суші (16,2 млн га) [259]. У Болівії і деяких штатах Бразилії інтенсифікація сільського господарства обумовлює 84 % всіх пожеж [267].

В Європі протягом 1950–2000 рр. лісові пожежі щорічно пошкоджували 5,6 млн м³ деревини. За період 2000–2007 рр. найбільше пожеж зафіксовано в Португалії та Іспанії, відповідно 156 і 210 тис. випадків [242]. Не менш напруженою була ситуація у Франції, Італії, Греції – від 14,4 до 36,5 тис. випадків із загальною площею від 25,1 до 174, 5 тис. га

[242]. Зростання кількості та площі пожеж спостерігається і в країнах Східної Європи [201]. У 1992 р. в Польщі на території Раціборських лісів згоріло близько 9 тис. га, а в Нотецькій Пущі – 5 тис. га лісу [287].

У лісах Білорусі за період з 1959 по 2015 р. виникло 136 тис. пожеж на загальній площі 206 тис. га. Через екстремальні умови погоди 2015 р. тут трапилося 1,2 тис. лісових пожеж на площі 16,9 тис. га [202].

Постійно напруженою є ситуація з лісовими пожежами в Україні [193]. За останні 30 років середньорічна кількість пожеж тут зросла у 2,6 разу [229, 286]. У 1980-ті роки сталося 1673 пожежі на площі 1176 га, у 1990-ті – 3917 пожеж на площі 3962 га, за період 2000–2010 рр. – 4743 пожежі на площі 4367 га [4]. Найбільше лісових пожеж виникало в роки з підвищеною пожежною небезпекою, серед яких особливо вирізнялися 1997 та 2007 рр.

На основі даних звітності Державного агентства лісових ресурсів України (ДАЛРУ), що викладені в статтях С. В. Зібцева [95, 286], П. П. Яворовського [229, 230], А. Д. Кузика [129] та В. В. Поповича [164], проаналізовано динаміку лісових пожеж за період з 1992 до 2017 р.

Загалом за період з 1992 до 2017 р. у лісах, підпорядкованих ДАЛРУ, трапилося 86958 пожеж, або в середньому 3344 випадки за рік. Причому амплітуда щорічної кількості пожеж коливалася від 805 до 7441 випадків. Загальна площа лісів, пройдених пожежами за 1990–2017 рр., становила 115457 га, або в середньому 4123 га за рік.

У літературі існують деякі розбіжності щодо порівняння кількості пожеж в окремі десятиліття. Так, згідно з даними С. В. Зібцева [95], починаючи з кінця 1980-х років, в Україні зростали кількість пожеж та площа пошкоджених лісів. Наприклад, якщо у 1981–1989 рр. кількість лісових пожеж в країні коливалася в межах 792–2377 випадків за рік, то в 1990–1999 рр. цей показник помітно підвищився, до 2309–6743 випадків. Аналогічно збільшилася річна площа пірогенно пошкоджених лісів: з 286–2887,2 га до 1670–13061 га [95]. Протягом 2005–2010 рр. пожежами пошкоджено 35,9 тис. га лісових земель, зокрема всохло 23,97 тис. га, знищено й пошкоджено вогнем понад 2,46 млн м³ лісової продукції [229, 230].

Водночас В. В. Попович вважає [164], що у 2000-ні роки, навпаки, відбувалося зменшення цих показників. У 2007 р. в Україні виникло

5024 пожежі, а в наступні роки відзначено зменшення: 2008 р. – 3316 випадків, 2009 р. – 4900, 2010 р. – 2400, 2011 р. – 1761 випадок. У середньому щорічна площа лісових пожеж становила 5000 га [164].

Масштабні пожежі сталися в Криму в 1993 р., у Луганській, Харківській, Херсонській областях у 1995 р., у Київській, Донецькій, Луганській, Чернігівській областях у 1996 р., у Луганській області в 1998 р., Херсонській, Луганській у 1999 р., у Херсонській області й Криму у 2007 р. (пошкоджено понад 1000 га лісів) [206], у Харківській області у 2008 р.

Найбільші лісові пожежі трапилися на Херсонщині в серпні 2007 р., коли було знищено 8739,8 га лісів, та на Харківщині в серпні 2008 р., коли вогонь знищив 1300 га лісів [129].

На Херсонщині крім пожежі 2007 р. катастрофічними були ще дві пожежі. Перша – 31 липня 1990 р. на території Збур'ївського та Гладківського лісництв, у ній постраждало 828,1 га лісу, друга – 9 серпня 2012 р. у Корсунському лісництві, коли було знищено понад 1100 га насаджень. Сума прямих збитків становила понад 200 тис. грн (вартість пошкодженої деревини), непрямих – близько 20,4 млн грн [221].

Аналіз пожеж у лісах за останні роки свідчить, що вони виникають переважно під впливом антропогенних чинників [142]. Необережне поводження населення з вогнем під час відвідування лісів є причиною 92–99 % випадків пожеж [228].

Кількість лісових пожеж залежить від лісорослинних і погодних умов, наявності джерел вогню [8, 57, 73, 100, 126, 128, 136, 154].

На території колишнього СРСР переважна кількість пожеж виникала з вини людини [7, 55, 57, 78, 81, 137, 201], а залежність кількості пожеж від чисельності жителів мала коефіцієнт кореляції, близький до одиниці [7, 150]. В окремих малозаселених регіонах РФ частка пожеж унаслідок дії погодних чинників, таких як грози, може сягати 70 % від загального числа пожеж [29, 93, 98, 99, 114, 158]. Проте існує точка зору, що випадки природних пожеж є дуже рідкими й навіть малоймовірними [107].

Неконтрольоване випалювання сухої трави навесні та восени, а також стерні на полях є причиною від 2,9 до 4 % випадків лісових пожеж [78, 81, 155], в окремих випадках причиною може бути самозаймання торфу й кам'яновугільних розсипів у териконах [81, 227].

Проведений в одному з районів Росії аналіз горимості лісів залежно від віддаленості від населених пунктів показав, що в радіусі до 5 км виникає 37,3 % усіх випадків пожеж, від 5 до 10 км – 29,2 %, від 10 до 20 км – 18,1 %, від 20 до 30 км – 8,2 %, від 30 до 50 км – 3,7 %, понад 50 км – 3,5 % [90]. В інших районах цей розподіл може бути іншим [155, 158].

З вини населення на території Туреччини виникає 99 % лісових пожеж [269], а у США в густонаселеній частині – не менше ніж 90 % пожеж, у малозаселених регіонах – близько 50 % [11].

Схожа ситуація щодо впливу людського чинника на пожежну ситуацію спостерігається в лісах України, де за даними статистики з вини населення виникає 95–98 % випадків пожеж [55, 57]. На 10-кілометрову зону навколо міст та селищ припадає більшість лісових пожеж [78, 81]. У лісах зелених зон цьому сприяють велика інтенсивність відвідувань лісів населенням та близькість населених пунктів, рекреаційних установ, доріг [53, 55, 57].

Аналіз лісових пожеж у державних підприємствах (ДП) лісового господарства Харківської області виявив залежність їхньої кількості від антропогенних факторів [53, 55, 57]. Переважна більшість пожеж виникає в період найбільшої ймовірності перебування людини в лісі – з 12 до 16 години. Найчастіше виникають пожежі в неділю та у вихідні дні [55, 57].

У лісах зеленої зони м. Харкова періодом пожежного максимуму є квітень – вересень. Але найбільше пожеж відбувається в травні, місяці з великою кількістю святкових і вихідних днів. Доволі великою є частка пожеж у серпні (16 %), коли зазвичай починається грибний сезон [53, 55, 57].

Виникненню пожеж сприяє посуха, тобто комплекс атмосферних процесів, коли опади за період понад 20 днів становлять не більше ніж 30 % від середньомісячної норми для певного району [126, 128].

Потепління клімату може змінити солоність морів, інтенсивність та напрямок морських течій і повітряних мас, що негативно позначиться на біосферних процесах, пов'язаних із кругообігом води [224]. У зв'язку із цим прогнозують зростання загрози виникнення лісових пожеж, оскільки потепління клімату посилить негативну динаміку дії природних та антропогенних факторів у різних географічних умовах, насамперед там, де домінують соснові ліси з високим рівнем пожежної небезпеки [286].

Лісові пожежі завдають значних економічних збитків народному

господарству. Безпосередні збитки від лісових пожеж в Україні тільки в 1998 і 1999 рр. склали 4,6 та 5,8 млн грн. відповідно [84, 95, 97]. Так, загальний розмір витрат на подолання наслідків пожеж у сосняках у ДП «Зміївське ЛГ» перевищував у середньому 40 тис. грн на 1 га [141, 193]. Проте ці збитки становлять лише 5–10 % від суми всіх екологічних збитків [142].

1.2 Негативний вплив пожеж на лісові екосистеми

Критерієм оцінювання пірогенних змін є втрата характерних ознак лісових екосистем [173]. Лісові пожежі призводять до суттєвих негативних екологічних наслідків, змін глобального балансу вуглецю [95, 97, 98], забруднення атмосфери радіаційно і хімічно активними викидами. Вони впливають на відбивну та випромінювальну властивості поверхні Землі, на кругообіг води [233] внаслідок зміни водного стоку та інтенсивності випарування з поверхні землі [29].

Наприклад, у Хабаровському краї масштабні пожежі у 1954, 1976 та 1998 рр. суттєво вплинули на всі об'єкти гідросфери [29, 137], причому пірогенний вплив на стік хімічних речовин у річках Сіхоте-Аліня відзначали протягом дев'яти років після пожеж, що свідчить про тривале винесення розчинених речовин із водозбору, а також про атмосферне перенесення продуктів горіння з віддалених районів [29].

1.2.1 Пірогенне порушення балансу вуглецю

Особливо небезпечним наслідком пожеж є швидке вивільнення й надходження до атмосфери CO_2 і хімічно активних викидів і, як результат, негативні зміни балансу вуглецю [55, 93, 95, 97, 98, 128]. Унаслідок пожеж лісові екосистеми стають не споживачами, а джерелами викиду вуглецю в атмосферу [97, 129, 136].

Вуглекислий газ надходить у повітря не лише в процесі горіння, але й у результаті розкладу залишків наземної біомаси [31, 126, 250].

Бореальні ліси, які займають площу близько 1,2 млрд га [107], є регіоном акумуляції вуглецю [95, 97, 98] і беруть участь у вуглецевому циклі [114]. Ліси в процесі росту поглинають вуглекислий газ і тим самим зменшують парниковий ефект [25, 80]. У бореальних лісах центральної Канади зміни балансу вуглецю за період з 1948 по 2005 р. є наслідком

збільшенням частоти пожеж [235]. Надходження вуглецю, пов'язане з пожежами в найбільш поширених пралісах ялини чорної на Алясці, у 2004 р становило 76 %, а у 2006–2008 рр. – 57 % [254]. За деякими прогнозними сценаріями [234], наприкінці 21-го століття загальна емісія вуглецю внаслідок пожеж у північноамериканських бореальних лісах підвищиться відносно 2000 р. в 2,5–4,4 разу.

У модринах Нижнього Приангар'я викиди вуглецю залежно від інтенсивності пожежі коливалися від 4,5 до 15,9 т/га [94]. У кедрових насадженнях у зоні середньої тайги Середнього Сибіру емісія вуглецю під час пожеж середньої сили становила 14,0 т/га, під час сильних пожеж – 24,6 т/га. Найменші обсяги емісії вуглецю (10,1 т/га) відзначено під час швидких пожеж [131].

Якщо верхній намет у лісах *Pinus pinaster* у північній Португалії після пожежі не відновлюється, то після повторних пожеж запас вуглецю зменшується у 2,4 разу [274].

Величина викидів вуглецю в глобальному й регіональному масштабах коливалася від 148 до 2400 т вуглецю на рік [262].

Під час горіння лісу відбуваються викиди інших газів: метану, закису азоту, оксидів вуглецю та азоту. Емісії цих газів є значно меншими, ніж вуглекислого газу, проте вони впливають на глобальне потепління [25].

Найбільшу суму викидів парникових газів в Україні з урахуванням потепління визначено для Миколаївської, Херсонської та Запорізької областей [25, 101]. Ці області також є регіонами з найвищим ризиком виникнення лісових пожеж. Натомість найменші обсяги емісій зафіксовано в Чернівецькій, Тернопільській, Івано-Франківській та Закарпатській областях.

1.2.2 Пірогенні зміни ґрунтів лісових насаджень

Лісові пожежі порушують рівновагу між окремими компонентами лісових екосистем [176, 208]. Значні зміни відбуваються в ґрунті. Вплив пожеж на властивості ґрунтів може бути різним залежно від типу насаджень і умов місцезростання, первинних властивостей ґрунту, а також виду та інтенсивності пожежі [18, 118, 119, 157, 161–163]. Серед пірогенних змін А. П. Сапожников виділив такі загальні риси [174, 175]:

– у результаті прямого піролізу підстилки й ґрунту змінюються фізико-

хімічні властивості [99, 104], гранулометричний склад, водний і тепловий режими, посилюється мінералізація органічних речовин, збільшується вміст водорозчинних сполук, знижується кислотність;

– унаслідок пірогенних порушень ґрунтоутворення змінюється вторинний рельєф, що обумовлює заболочування – розболочування, ерозію, зміну характеру акумулятивного процесу, посилення процесів утворення елювію – іллювію.

У горах Байкальської природної території внаслідок інтенсивних пожеж відбувалися процеси перевідкладення дрібнозему, які призводять до формування профілів із малопотужними горизонтами, або поліциклічних профілів, часто з похованими горизонтами [118, 218]. Формується новий малопотужний органогенний горизонт, який за властивостями і кругообігом елементів відрізняється від природних аналогів [19, 200, 285].

Температурний режим горіння підстилки і вплив теплових потоків на ґрунт та кореневі системи вивчено недостатньо. Відомі поодинокі роботи з дослідження результатів горіння підстилки в натурних експериментах із підпалом лісових ділянок [176], експериментального дослідження низових пожеж [83], вивчення горіння мульчі та впливу її горіння на ґрунт у лабораторних умовах [49]. Інформація щодо проведення подібних досліджень в Україні взагалі відсутня.

Згорання підстилки призводить до знищення органогенних горизонтів, тобто дегуміфікації ґрунтів, яка пов'язана з мінералізацією корневих залишків і відсутністю свіжого опаду на територіях після пожеж [20, 144, 156, 190].

У складі гумусу збільшується частка гумінових кислот [156]. У Польщі на згарищах виявлено значні втрати органічного вуглецю, азоту й деяких мікроелементів, а також зниження їхньої обмінної ємності, насиченості ґрунтів основами поглинального комплексу [57].

Унаслідок впливу високої температури знижується активність розкладення мортмаси [244]. Відбувається зниження активності або навіть повне знищення біомаси грибів у верхніх шарах ґрунту [19]. Зменшується чисельність і змінюється склад ґрунтових мікроорганізмів [241]. Повне їхнє відновлення не відбувається навіть за 10 років після пожеж [57, 222].

Попіл, що утворився після пожежі, має лужну реакцією та високий

уміст легкорозчинних форм макроелементів (рН водний – 7,34; загальний вуглець – 11,3 %; рухомі сполуки: азот – 42,2, фосфор – 70, калій – 105 мг/100 г ґрунту) [118, 166]. Тому в пірогенно трансформованих верхніх горизонтах ґрунтів зростає вміст зольних елементів, кислотність поверхневих горизонтів змінюється від кислої до слаболужної, змінюється співвідношення обмінних катіонів, валових і рухомих форм азоту тощо. Ступінь цих змін визначається видом та інтенсивністю пожеж [20, 92, 157, 161–163, 187, 231, 237, 256]. Показником інтенсивності пожежі може бути глибина прогорання ґрунту [252, 263].

У результаті піролізу й мінералізації важкодоступних органо-мінеральних сполук зростає вміст елементів живлення [182, 258, 264]. В умовах Північного Степу через місяць після пожежі в шарі ґрунту 0–2 см кислотність змінилася з кислої на слаболужну, вміст фосфору збільшився в 19–30 разів, азоту – у 3, калію – у 2 рази [166]. Термічний вплив призводить до змін вмісту амонійного й нітратного азоту в органогенних горизонтах ґрунту [9]. Подібні пірогенні зміни на глибині 2–5 см були значно меншими, ніж у поверхневому шарі ґрунтів. Із часом властивості ґрунтів на згарищах поступово відновлюються. Проте згодом вміст елементів живлення в результаті вимивання знижується [238]. Найактивніше відновлюються властивості ґрунтів протягом першого року після пожежі [166]. Однак навіть через 10 років після пожежі повного відновлення не відбувається [287].

У результаті пірогенної трансформації лісової екосистеми змінюється температурний режим ґрунтів [118]. Умови існування організмів стають екстремальними, оскільки зменшується різниця температур між ґрунтовою та атмосферою частинами екосистеми [190].

1.2.3 Пірогенні зміни деревостанів

Пожежі в лісових екосистемах знищують надґрунтовий покрив і фауну, пошкоджуючи деревостани, викликаючи зменшення біорізноманіття та стійкості [253, 261]. Під впливом пожеж відбувається перерозподіл фітомаси між живим наметом і мортмасою [251, 284].

Наслідки лісових пожеж залежать від виду й форми пожежі, ЛГМ, теплового потоку, швидкості та напрямку вітру [89]. Лісові пожежі поширюються за рахунок теплового випромінювання полум'я, фронту

горіння та перекидання розжареного вугілля та іскор.

Перехід низової пожежі у верхову залежить від вологості листя, сили низової пожежі, висоти прикріплення та щільності крони. Швидкість переходу низових пожеж у верхові в соснових молодняках є в 3–5 разів більшою, ніж у насадженнях віком понад 20 років [197, 198]. У разі низової пожежі проміжок часу до займання сухої хвої на нижніх гілках є в 4 рази меншим, ніж свіжої хвої [199]. Швидкість горіння хвої збільшується в ряду свіжа – опала – висушена в 1,3 разу, що корелює зі зміною вологості [196].

Вітром і конвекційними потоками розжарене вугілля та іскри переносяться на значну віддаль і, запалюючи горючі матеріали, утворюють пожежні плями, які потім зливаються з головним фронтом пожежі [89]. Конвекційні колонки висотою 300–400 м виникають навіть у разі слабого вітру, а плями загорань утворюються на відстані до 100–200 і навіть 300 м [2]. У разі посух, сильних вітрів та за наявності великих запасів горючих матеріалів швидкість висхідних конвекційних потоків може сягати 35 м/с. Якщо конвекційна колонка нахилена вітром у бік просування вогню, палаючі частинки можуть переноситися на відстань до 1,2 км, а пожежа може перекидатися навіть через великі водні перешкоди.

Пошкодження лісових екосистем залежить від виду пожежі, ЛГМ, погодних умов, від стійкості лісостанів [35, 122, 146, 168, 169, 209, 226]. На рівні окремого дерева стійкість отримала назву вогнестійкості, на рівні популяції – пожежостійкості, на рівні лісової формації – пірофітності. Вогнестійкість дерева – це ступінь потенційної стійкості його різних частин (органів) та особини до теплового впливу під час пожежі й здатність продовжити життєдіяльність після неї [146, 226]. Пожежостійкість насаджень характеризує стійкість популяцій дерев одного або декількох видів у межах конкретного фітоценозу. Пірофітність формації – це здатність виду зберігати свій ареал завдяки високій вогнестійкості, пожежостійкості та здатності успішно відновлюватися на згарищах [170, 171].

Пірогенне пошкодження дерев є наслідком сукупної дії теплових потоків на стовбур, коріння й крону [130]. На конвективний потік під час низової пожежі припадає 80–82 % від сумарного теплового потоку, на теплове випромінювання – 14–17 % і на теплопровідність – 3–4 % [6, 103, 112, 189]. У разі верхових пожеж теплове випромінювання сягає 90 % [232].

Пошкодження бруньок і хвої в кроні дерева відбувається навіть у разі дії гарячого потоку з температурою 60–120°C протягом декількох десятків секунд. Такі температури виникають під час низових пожеж із полум'ям до 20 м заввишки [35]. Проте такі температури в кроні через нерівномірність розподілу тепла й різну вологість ЛГМ є непостійними [127, 199]. Крім того, конвективний потік повітря охолоджується вітром, який виникає через екранування гілками верхньої частини від висхідних потоків тепла [27].

Основною причиною всихання хвойних порід може бути пошкодження крони [240, 275, 276]. Для прогнозування відпаду в такому випадку використовують висоту й частку пошкодження крони [243]. Виявлено зворотну кореляційну залежність між вмістом хлорофілу у хвої та пошкодженням крони дерева [268].

Стовбур може пошкоджуватися як конвективним потоком, так і тепловим випромінюванням. Від пошкодження стовбур дерева оберігає кора, властивості якої залежать від її товщини, структури, щільності й вологості. Найкраще пристосовані до цього світлохвойні породи, що мають товсту омертвілу кору. Фронт пожежі проходить протягом 2–3 хвилин, і товщина кори дорослих дерев дає можливість витримати її теплову дію [35]. Дерев з великим діаметром є стійкішими до вогню, оскільки мають товстішу кору, яка краще захищає від високих температур [151].

Точковий опік у тріщинах кори та утворення підсушин можливе на зворотній щодо напрямку вітру стороні стовбура, де внаслідок турбулентних завихрень посилюється дія конвективного потоку [117].

Низова пожежа, що обпалює камбій біля основи стовбурів, сприяє заселенню шкідників і поступовому відмиранню дерев [103].

Пошкодження стовбура характеризується висотою нагару [243, 265], глибиною прогорання кори, співвідношенням товщини кори до глибини прогорання, пошкодженням камбію. Дослідження пошкодження камбію у взаємозв'язку з особливостями пожежі, товщиною та термофізичними властивостями кори є важливими для розуміння ролі кори у вогнестійкості дерева [271].

Величина постпірогенного відпаду дерев має пряму залежність від інтенсивності пожежі або від висоти нагару на стовбурах і обернену – від діаметра деревостану [205, 260]. Встановлено пряму достовірну кореляційну

залежність між висотою полум'я пожежі й висотою нагару на стовбурах [5, 108]. Білоруськими вченими [201] складено таблиці відпаду за ступенями товщини залежно від висоти нагару в деревостанах сосни, ялини, модрина й берези.

На рівні популяції характер і ступінь пошкодження деревостанів залежать від погодних умов, виду пожежі, типу лісу, характеристик насадження [24, 37, 122, 146, 170, 211]. Зміни фітомаси модринників південної тайги залежить від інтенсивності пірогенного впливу [94].

Пожежостійкість деревостану значною мірою залежить від його початкового стану. Чим нижча його життєвість на момент пожежі, тим нижчою є пожежостійкість, оскільки ослаблені дерева стають більш чутливими до вогню [1, 214].

Більшість дерев всихає в перші 2–3 роки після пожежі. Відпад дерев першого ярусу через рік після пожежі високої інтенсивності становив 34 % та зріс до 49 % через 5 років. Після пожеж середньої й низької інтенсивності всихання дерев першого ярусу через 4–5 років становило відповідно 35 і 20 % [94].

Пошкодження коріння внаслідок теплопровідності вивчено мало. Причинами відмирання дерев після пожежі є обгорання кореневих лап [205]. Під час низових пожеж дерева можуть гинути в результаті пошкодження камбію біля шийки кореня й самої кореневої системи [282].

Під час підстилково-гумусових пожеж основною причиною відпаду дерев є пошкодження кореневих систем [145, 223], при цьому особливо небезпечним є пошкодження тонкого коріння [243].

Пошкодження та відмирання коріння першого порядку за тривалої дії тепла може спричинити відмирання решти коріння [247]. Після закінчення пожежі погіршення стану та всихання сосняків триває місяцями, що є проявом фізіологічних стресів, ініційованих пошкодженням коренів, оскільки втрата коренів призводить до зниження висхідного потоку поживних речовин і води до крони й зрештою – до всихання дерев [268]. М. І. Калінін [105] встановив, що в шарі супіщаних ґрунтів глибиною до 40 см частка коренів 2-го, 3-го і 4-го порядків становить 75–88 % від загальної маси. Коріння 1-го порядку (тобто тонкі всисні корінці) густою мережею пронизує шар ґрунту 0–5 см і нижні шари підстилки [106].

Особливо чутливими до пошкодження є сосняки у вологих і сирих гігротопах, де ґрунтові води знаходяться близько до поверхні і формується поверхнева коренева система з кореневими лапами. У сосни болотної (*Pinus palustris* Mill.) тонке коріння рівномірно розподілене у нижніх шарах підстилки та у верхніх 30 см ґрунту [268]. Непрямим показником пошкодження коріння є ступінь згорання підстилки [280]. Дерев з вигоранням під кронами понад 30 % підстилки гинули у 20 разів частіше [268].

Динаміка і величина постпірогенного відпаду залежать від висоти та повноти деревостану, висоти нагару й товщини кори дерев [152].

Висновки щодо залежності пірогенного пошкодження від діаметра дерев часто є протилежними. За деякими твердженнями [265, 270, 273, 277], величина відпаду знаходиться у зворотній залежності від діаметра дерев, оскільки дерева з більшим діаметром зазвичай мають товщу кору. За іншими даними [266], діаметр і товщина кори слабко корелюють з величиною відпаду. Існує також думка [61, 249], що дерева з великими діаметрами отримують більші пошкодження, оскільки запаси підстилки біля них є більшими і пожежа має характер підстилково-гумусової.

Найчастіше для побудови прогностичних моделей використовують діаметр і товщину кори, що захищає камбій [248, 273].

1.3 Заходи щодо запобігання лісовим пожежам і зменшення негативних наслідків

Ефективним засобом зниження збитків є проведення заходів, спрямованих на попередження виникнення лісових пожеж та обмеження їхнього розповсюдження. Так, у США системи профілактичних заходів скорочують на 25 % кількість лісових пожеж. У деяких штатах витрати на профілактику становлять 60 % пожежного бюджету.

В основі моніторингу небезпеки лісових пожеж має бути пряме оцінювання стану рослинного покриву [5, 154]: пробні підпали, візуальне, органолептичне оцінювання, визначення вологості ЛГМ.

Засоби дистанційного отримання інформації про пожежний стан лісів дають змогу оперативно оцінювати умови погоди, пожежну небезпеку, виявляти та прогнозувати поширення пожеж [28, 34, 102, 278].

Використання супутників дає можливість декілька разів протягом доби проводити моніторинг пірогенного порушення значних територій лісів і оцінювати зміни лісових екосистем після пожеж [17, 88, 160, 219, 245, 272]. Широко використовують дистанційні зображення, що базуються на вимірах відбитого випромінювання у видимому та інфрачервоному діапазонах [16, 255]. Потужність тепловиділення пов'язана з кількістю біомаси, що згорає, і тому може бути критерієм для оцінювання впливу вогню на деревостани. Особливо ефективним цей показник є у разі пожеж з екстремальною потужністю тепловипромінювання [160].

Оскільки супутникові знімки роблять з періодичністю 3–4 рази на добу, використання їх часто є менш ефективним за стаціонарні методи виявлення пожеж. На основі космічних та аерофотознімків складно визначити джерело загорання та масштаб пожежі [88]. Тому найбільш ефективним є комплексний аналіз результатів наземного й космічного моніторингу [181, 188].

Залежно від кліматичних і лісорослинних умов виділяють терміни пожежного сезону та пожежонебезпечного періоду. При цьому необхідно враховувати особливості виникнення пожеж на певній території, а саме: інтенсивність відвідувань лісів населенням, близькість населених пунктів, доріг, а також кліматичні умови – посухи, високу температуру повітря та поверхні ґрунту, тривалий період вірогідності загорань у лісі [54, 55, 59, 124]

Загальновизнаної системи оцінювання пожежної небезпеки немає, а методи її визначення в різних країнах мають свої особливості. Головну увагу звертають на оцінювання погодніх факторів, але при цьому враховують багато додаткових прямих і непрямих чинників [42, 186].

Найбільш відомою є канадська система визначення рівня пожежної небезпеки лісів (CFFDRS) [239], яка базується на визначенні погодніх індексу лісових пожеж (FWI) [281], прогнозу виникнення (FOP) та поведінки (FBR) лісових пожеж. Цю систему застосовують також у деяких країнах Європи, Новій Зеландії та інших країнах світу [178].

У східній частині Австралії використовують показник лісопожежної небезпеки Макарута (FFDI), а в західній – таблиці динаміки лісових пожеж (FFBT) [26]. У багатьох країнах Європи визначають імовірність займань за вологістю лісових горючих матеріалів [159].

В Україні, Білорусі та Росії для визначення пожежної небезпеки використовують два не пов'язані між собою показники [95]: клас природної пожежної небезпеки (КППН) І. С. Мелехова [147], уточнений для лісів України [165], і клас пожежної небезпеки за погодними умовами В. Г. Нестерова [154] з певними удосконаленнями [23, 41, 75, 125, 128, 177].

Клас пожежної небезпеки (КПН) не повністю враховує реальні умови, оскільки базується на визначенні кількості води, яка випаровується з вільної водної поверхні, а не з лісового горючого матеріалу [185]. Водночас назва «комплексний показник пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди» є занадто довгим та розпливчастим. М. А. Софронов пропонує використовувати термін «лісопожежний показник посухи», який підкреслює, що саме від посух залежить ступінь пожежної небезпеки у лісі [5, 33, 183].

Горимість лісових насаджень визначається: 1) числом випадків пожеж на 1 млн га і 2) площею пожеж на 1000 га загальної площі лісів [12].

Оскільки горимість та пожежна небезпека за погодними умовами мають регіональні особливості [26], доцільно уточнювати місцеві шкали оцінювання пожежної небезпеки. В основу складання місцевих шкал покладено методика М. П. Курбатського [41, 79, 115, 135] із використанням щільності пожеж на певній території в певний момент [42]. Місцеву шкалу за цією методикою на основі співвідношення пожеж для різних КПН побудовано для лісів зеленої зони Харкова [148].

У Польщі ліси класифіковано відповідно до ризику виникнення пожеж [279]. Крім показника щільності пожеж у перерахунку на 1 тис. га лісів як критерій антропогенного навантаження використовують кількість населення на кожен тисячу гектарів лісової території.

Підвищення пожежостійкості лісів має поєднувати регулювання складу деревостанів [95, 201], своєчасне проведення рубок, ліквідацію захаращеності насаджень, очищення лісосік від порубкових залишків, створення системи протипожежних бар'єрів, доріг і водойм [123, 124].

Важливою складовою протипожежної профілактики в лісах є створення системи протипожежних смуг, розривів, бар'єрів, які обмежують поширення пожеж. Розташування та періодичність їхнього поновлення мають враховувати лісівничо-пірологічні особливості лісів, наявність джерел вогню, КПН за умовами погоди, а також зміни цих показників протягом

пожежонебезпечного сезону [207]. У хвойному масиві ефективним бар'єром для поширення верхової пожежі є лісова смуга з листяних видів, вона здатна навіть перевести верхову пожежу в низову [172].

Наявність у складі сосняків принаймні одиниці листяних порід знижує ризик виникнення пожежі на 10–15 %, а 2–3 одиниць – на 30–50 %. Позитивні результати отримано в разі уведення у хвойні насадження модрини [36]. Ефективним доповненням до мінералізованих смуг, або навіть надійною альтернативою, можуть служити захисні смуги, створені загущеними посадками модрини та/або тополі [225]. Для такого регулювання складу лісів необхідне розроблення рекомендацій щодо конкретних технологій.

Основою обмеження поширення лісових пожеж [216, 230] має бути регулювання запасів ЛГМ. Розроблено різні варіанти палів, які широко застосовують на зрубках [30] щодо підвищення пожежостійкості лісів [133, 210], захисту населених пунктів [40], для управління активними пожежами [38], з охорони від пожеж заболочених лісів [184].

Перспективним для гасіння лісових пожеж є використання вогнезахисних розчинів «Метафосіл» і «Комплексіл» [203], а також водних аерозолів для штучного викликання опадів [110, 111]. Ефективним напрямом локалізації природних пожеж є застосування літаків [191, 192].

Для вдосконалення протипожежної охорони лісів в Україні необхідно розробити регіональні методики аналізу протипожежної ситуації, стратегії протипожежної охорони лісів, регіональні та національні інформаційно-аналітичні системи на базі ГІС [22], потрібно покращити технічну оснащеність лісгосподарських підприємств.

Висновки до розділу

Особливо небезпечним екологічним фактором, що завдає катастрофічних економічних, екологічних та соціальних збитків і ставить під загрозу існування лісів, є лісові пожежі.

Переважну більшість досліджень постпірогенних змін лісів проведено за межами України. Вивчення впливу пожеж на ліси України стосувалося причин і тенденцій їхнього виникнення, особливостей пірогенних змін соснових лісостанів у лісостепу.

У Волинському Полісі пірологічні дослідження практично не проводили, оскільки вважалося, що виникнення пожеж обмежувалося достатньою кількістю опадів. Але зростання частоти років із аномальним підвищенням температури повітря та значною кількістю посушливих днів суттєво загостило пірологічну ситуацію в цих лісах. З цього погляду важливим є визначення тенденцій і причин виникнення пожеж.

Потребує вивчення формування підстилки, яка є однією із основних складових ЛГМ, та температурного режиму її горіння. Вкрай важливим це є для соснових лісів Полісся, де накопичуються значні запаси підстилки, що становить надзвичайну пірогенну загрозу за аномально сухих погодних умов.

Особливе значення мають дослідження пошкодження дерев тепловими потоками різних типів під час пожеж. Оскільки сосняки поліської частини Рівненщини найбільш поширені у вологих та сирих гігротопах і формують поверхневу кореневу систему з кореневими лапами, особливе значення матиме поширення тепла в ґрунтах.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Науково-дослідні роботи виконували за такими етапами:

- створити й проаналізувати банк даних лісових пожеж, що виникли в минулому, та виявити часові й просторові тенденції їхнього виникнення;
- визначити особливості формування лісової підстилки як основного компонента ЛГМ у соснових лісах Волинського Полісся;
- встановити температурні режими та фактори, що впливають на горіння підстилки соснових насаджень;
- визначити параметри та динаміку режиму нагрівання лісових ґрунтів під впливом теплового випромінювання;
- вивчити пірогенні зміни хімізму ґрунтів соснових насаджень Волинського Полісся;
- визначити особливості пірогенного пошкодження та післяпожежного розвитку сосняків Рівненщини.
- вивчити пірогенні зміни радіального приросту й товарності пошкоджених низовими пожежами сосняків у Волинському Поліссі;
- розробити систему профілактичних заходів щодо попередження виникнення пожеж та мінімізації економічних збитків, спричинених ними.

Створення та аналіз банку даних пожеж, що виникли в минулому, дають змогу прогнозувати виникнення та моделювати розвиток пожеж, що надає можливість вибору варіантів і режимів організації профілактики. Основна мета аналізу випадків пожеж – виявлення часових і просторових тенденцій їхнього виникнення. Для виявлення тенденцій виникнення пожеж у лісах Рівненської області використано дані статистичної звітності щодо пожеж у шести лісових господарствах області за період з 2002 до 2017 р., а також сформовану базу даних.

Горимість оцінювали відповідно до шкали (табл. 2.1) [12].

Таблиця 2.1

Шкала горимості за кількістю випадків та площею пожеж

Абсолютна горимість		Відносна горимість
Кількість пожеж на 1 млн га за рік	Площа на 1 тис. га, га	
менше ніж 5	менше ніж 0,1	Низька
5–20	0,10–0,50	Нижче за середню
21–50	0,51–1,00	Середня
51–100	1,01–1,50	Вище за середню
101–200	1,51–3,00	Висока
понад 200	понад 3	Надзвичайна

Запаси й структуру лісової підстилки та живого надґрунтового покриву (ЖНП) як основних компонентів ЛГМ визначали в різних типах лісорослинних умов (ТЛУ) у соснових лісах північної (Дубнівське та Мушніянське лісництва ДП «Остківське ЛГ» Рівненського обласного управління лісового та мисливського господарства (ОУЛМГ)) та південної (Мащанське лісництво ДП «Костопільське ЛГ» Рівненського ОУЛМГ) частин Рівненського Полісся.

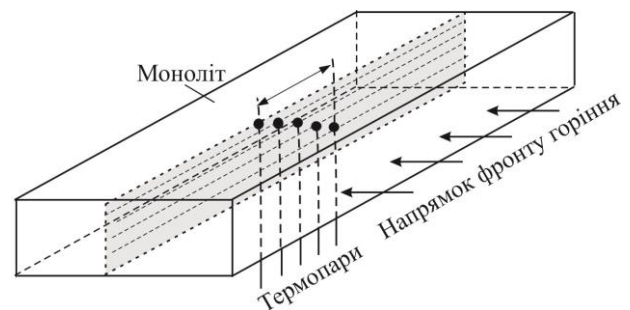
Загалом дослідження проведено на 11 пробних площах (ПП) у чистих соснових насадженнях, що складають віковий ряд. Для того, щоб оцінити запас підстилки в насадженні, було відібрано зразки в різних частинах насадження. Зразки підстилки відбирали: 1) біля стовбура дерев; 2) на межі крони; 3) у вільному між кронами просторі. Для кожного варіанту зразки відбирали з трьох площадок розміром 1×1 м [60]. Запаси підстилки визначали за фракціями за методикою Родіна [167] у трьох шарах мінералізації: верхньому опадовому L; середньому ферментативному F та нижньому гуміфікованому H.

Об'ємну масу (щільність) визначали за методикою Курбатського [134] як відношення запасу підстилки до товщини шару (потужності підстилки). Хід процесів розкладу оцінювали за коефіцієнтом накопичення K , який, згідно з Ю. М. Чорнобаєм [217], є відношенням маси нижчого шару мінералізації до маси вищерозташованого.

Методологію дослідження температурних режимів горіння лісової підстилки та розповсюдження теплових потоків у верхніх шарах ґрунтів розроблено В. П. Вороном, В. Г. Борисенком та В. К. Мунтяном [48, 49]. На її основі в лабораторії кафедри фізико-математичних дисциплін Національного університету цивільного захисту України Мунтяном В. К., Борисенком В. Г., Барабашом І. В. було створено випробувальний стенд для спалювання монолітів підстилки (рис. 2.1) та пристрій для дослідження впливу теплових потоків на ґрунтові моноліти (рис. 2.2).



а



б

Рис. 2.1 Спалювання моноліту підстилки на випробувальному стенді (а) та схема розміщення термопар (б) (фото Ворона В. П., 09.09.2016, лабораторія пірології кафедри фізико-математичних дисциплін Національного університету цивільного захисту України)

Моноліти підстилки розміром 20×30 см було відібрано в соснових насадженнях ДП «Остківське ЛГ» у трофотопі А і В.

У лабораторії моноліти підстилки встановлювали на шар вогнетривкої тканини на сітці випробувального стенду (рис. 2.1, а). Для вимірювання температури з інтервалом в 1 см по горизонталі у моноліт вставляли та фіксували термопари (рис. 2.1, б), які через аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) з'єднували з комп'ютером. Залежно від товщини моноліту використовували від 3 до 5 термопар, розміщених на різній глибині.

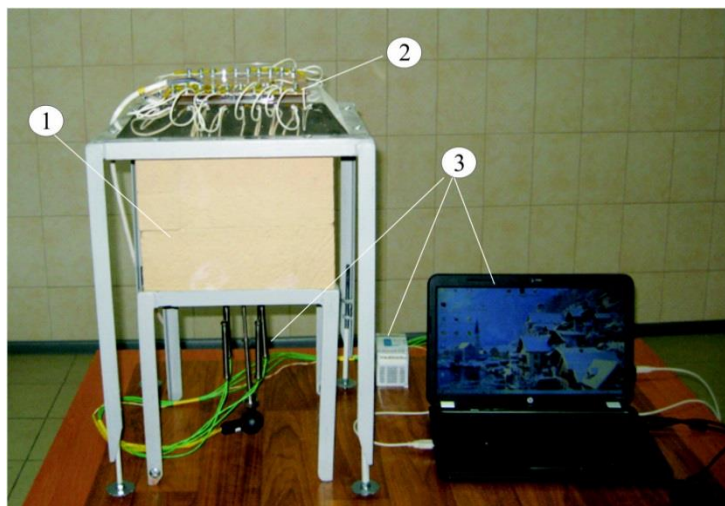


Рис. 2.2 Пристрій для дослідження впливу теплових потоків на ґрунтовий моноліт : 1 – камера; 2 – джерело теплового випромінювання; 3 – вимірювальний комплекс (фото Борисенка В. Г., 09.09.2016, лабораторія пірології кафедри фізико-математичних дисциплін Національного університету цивільного захисту України)

Моноліти підстилки досліджували в повітряно-сухому і в абсолютно сухому стані. Загалом було спалено шість зразків підстилки в повітряно-сухому стані (по три з борів і суборів) та п'ять в абсолютно сухому стані. Два абсолютно сухих зразки (по одному з бору та субору) було спалено звичайним способом, а три – з імітацією вітрового потоку швидкістю $1\text{--}1,5\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Під час спалювання фіксували зміну температури лісової підстилки за часом у місцях пошарового встановлення термопар, починаючи з моменту підпалу ($t = 0$). З наближенням фронту горіння до місця знаходження термопар температура її зростала, досягала максимуму в момент проходження та спадала з віддаленням фронту. За температуру горіння (за наявності тління або полум'я) приймали температуру максимуму.

До складу пристрою для дослідження впливу теплових потоків на ґрунти (див. рис. 2.2) входять: камера 1, виготовлена із пористої вогнестійкої цегли, в яку встановлюють моноліт ґрунту; над камерою розміщено джерело

регульованого теплового випромінювання 2, головним елементом якого є десять галогенових ламп потужністю 1,5 кВт кожна; вимірний комплекс 3. Для вимірювання температури в моноліт встановлювали та фіксували термодатчики, які через АЦП з'єднували з комп'ютером.

Сигнал від АЦП обробляли програмою OWEN ProcessManager, а результати вимірювань упродовж експерименту контролювали візуально, фіксували в табличному й графічному виглядах та обробляли в програмі MS Excel. Під час моделювання режиму нагрівання ґрунту враховували температуру горіння нижнього шару підстилки, яка була виявлена попередніми дослідженнями і коливалася в межах від 200 до 350°C [48].

Моноліти ґрунтів відбирали спеціальним контейнером розміром 15 × 15 × 25 см (рис. 2.3). Загалом проведено 4 експерименти: по два ґрунтові моноліти відібрано в дернових борових слаборозвинених піщаних ґрунтах та в сірих лісових ґрунтах. Для кожного типу ґрунту відібрано вологий і сухий варіанти.

Відбираючи зразки, враховували погодні умови за 10-денний період перед відбором кожного з монолітів. Особливу увагу приділено кількості опадів за періоди до відбору. На основі метеоданих для оцінювання пожежної небезпеки за умовами погоди розраховано комплексний показник пожежної небезпеки В. Г. Нестерова [154]. Показник пожежної небезпеки ПН визначали для поточної доби на основі даних за попередню добу за формулою (2.1):

$$ПН_n = k \cdot ПН_{n-1} + t(t - \tau), \quad (2.1)$$

де $ПН_n$ – показник пожежної небезпеки, бали;

$ПН_{n-1}$ – показник пожежної небезпеки за попередній день, бали;

t – температура, °С, τ – точка роси, °С, визначені о 12 годині дня;

k – коефіцієнт, який враховує опади попередньої доби.



Рис. 2.3 Контейнер для відбору ґрунтових монолітів (фото автора, 09.06.2016, Мушнянське лісництво, ДП «Остківське ЛГ»)

За величиною показника виділено такі класи пожежної небезпеки:

- 1 клас (до 300 балів) – пожежна небезпека відсутня;
- 2 клас (від 301 до 1000 балів) – мала пожежна небезпека;
- 3 клас (від 1001 до 4000 балів) – середня пожежна небезпека;
- 4 клас (від 4001 до 10000 балів) – висока пожежна небезпека;
- 5 клас (більше за 10000 балів) – надзвичайна пожежна небезпека.

Виходячи зі значної кількості дат (від 500 до 836) у вибірках, сформованих для кожного варіанту дослідження, було використано параметричну статистику [13]. Для виявлення статистичного впливу глибини заміру на швидкість теплопровідності використано параметричний дисперсійний аналіз (ANOVA), розраховано найменшу суттєву різницю за методом Т'юкі. Силу впливу фактора визначено методом Снедекора (h^2). [13].

Дослідження пірогенних змін сосняків Полісся проводили протягом 2012–2016 рр. на 35 постійних (ППП) і 24 тимчасових (ТПП) пробних площах, закладених в ДП «Клесівське ЛГ», ДП «Костопільське ЛГ», ДП «Остківське ЛГ», ДП «Рокитнівське ЛГ» та ДП «Сарненське ЛГ» Рівненського ОУЛМГ згідно із загальноприйнятими в лісівництві та лісовій таксації методиками [44, 85] та відповідно до рекомендацій лабораторії екології лісу УкрНДІЛГА щодо діагностики антропогенного пошкодження лісових екосистем [46, 47]. Під час подеревного переліку визначали розміри дерев, клас Крафта, стан та показники пошкодження вогнем (нагар, рівень дехромації крони, пошкодження корневих лап, вигорання підстилки) [46].

Дослідження складалося з двох етапів. У 2012–2014 рр. основною метою було визначення особливостей розвитку сосняків залежно від особливостей пошкодження, віку, едатопу, тривалості періоду після пожежі, пори року, коли відбулася пожежа. У 2015–2016 рр. вивчали особливості пірогенного пошкодження сосняків в умовах посухи 2015 р.

В основу вивчення наслідків пошкодження сосняків низовими пожежами було покладено поняття теплообміну, а саме три види розповсюдження тепла, що викликають різні типи пошкоджень. Під час низової пожежі конвективним потоком (80–82 % вивільненого від пожежі тепла) пошкоджуються бруньки і хвоя, тепловим випромінюванням (14–17 %) – стовбур, теплопровідністю (3–4 %) – коріння дерев [82, 113, 116].

Стан дерев оцінювали відповідно до рекомендацій, розроблених лабораторією екології лісу УкрНДІЛГА [46, 47] за візуальними ознаками, які враховують особливості впливу негативних факторів [46, 47]. Важливими ознаками пошкодження є дефоліація (втрата хвої та листя) і дехромація (зміна кольору) крон дерев. Під час оцінювання враховували пошкодження гілок, стовбурів, коріння (загалом та їхніх частин), зміну форми крон.

Згадані показники лежать в основі визначення ступеня пошкодження деревостанів, що характеризується індексом стану I_c , який розраховують як середньозважений показник. Для чистих деревостанів I_c визначають за

формулою (2.2):

$$I_c = \frac{K_1 \cdot n_1 + K_2 \cdot n_2 + \dots + K_6 \cdot n_6}{N}, \quad (2.2)$$

де I_c – індекс стану деревостану;

$K_1, \dots, K_6$ – категорія стану дерев (від I до VI);

$n_1, \dots, n_6$ – кількість дерев певної категорії стану;

N – загальна кількість врахованих на ПП дерев.

Для визначення стану дерев сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) використовували шкалу, наведену в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Шкала індексів стану для оцінювання пошкодження насаджень

Індекс стану	Стан насаджень	Ступінь пошкодження	Зона пошкодження
1,0–1,5	Здорові	Відсутній	–
1,6–2,5	Ослаблені	Слабкий	III
2,6–3,5	Сильно ослаблені	Середній	II
3,6–4,5	Всихаючі	Сильний	I
4,6–5,0	Загиблі	Дуже сильний	I ^a

Основними показниками пошкодження насаджень низовими пожежами є середня висота нагару (особливо небезпечним є обпал нижньої частини зони тонкої кори), виділення живиці на стовбурах; для ґрунтових пожеж (підстилково-гумусових і торф'яних) показовими є глибина прогорання мохового покриву та органічних горизонтів ґрунту й ступінь пошкодження корневих систем, для верхових пожеж – стан крон дерев [46, 47, 63].

Для діагностики пошкодження разом із висотою нагару розраховували такі показники (2.3, 2.4) [63, 71]:

«Відносна висота пошкодження»:

$$H_{\text{відн.}} = (H_{\text{наг.}} / H_{\text{дер.}}) 100 \%, \quad (2.3)$$

де $H_{\text{дер.}}$ – висота дерева, м;

$H_{\text{наг.}}$ – середня висота нагару на дереві, м.

«Ступінь опіку тонкої кори»:

$$H_{\text{опік}} = (H_{\text{сер. наг.}} - H_{\text{гр. кор.}}), \quad (2.4)$$

де $H_{\text{опік}}$ – ступінь опіку тонкої кори, м;

$H_{\text{гр. кор.}}$ – висота розміщення грубої кори, м;

$H_{\text{сер. наг.}}$ – середня висота нагару на стовбурі, м.

Плюсове значення $H_{\text{опік}}$ показує величину опіку вогнем тонкої кори. Цей показник дав змогу чіткіше визначити ступінь пошкодження дерев, різних за висотою грубої кори.

«Відносну висоту дехромації» розраховували як і перший показник, з тією різницею, що замість висоти нагару брали «висоту дехромації крони».

Пошкодження кореневих систем визначали за такою шкалою:

1 – без пошкоджень;

2 – пошкоджено одну кореневу лапу;

3 – пошкоджено до 75 % периметра стовбура, дві й більше кореневих лап, на яких добре помітний нагар;

4 – пошкоджено понад 75 % кореневих лап, кора на яких частково вигоріла.

Виконано статистичний, кореляційний та регресійний аналіз [91]. Зв'язок вважали функціональним за коефіцієнта кореляції 1,00, дуже сильним – 0,90–0,99, сильним – 0,70–0,89, значним – 0,50–0,69, помірним – 0,30–0,49, слабким – 0,10–0,29 [132]. Розрахунок помилок середніх арифметичних та точності дослідів проводили за усталеними методиками [138]. Точність визначення середніх арифметичних висоти нагару та індексу стану коливалася в межах 1,3–9 %.

Оцінювання пірогенних змін радіального приросту проведено в:

– 70-річному чистому сосняку у кв. 21, вид. 42 Рокитнівського лісництва, що пошкоджений пожежею в травні 2013 р. Тип лісу – В₃-ДС;

– 50-річному сосняку у кв. 19, вид. 7 Немовицького лісництва, пошкоджену пожежею у квітні 2012 р. Тип лісу – В₂-ДС.

Під час вивчення радіального приросту сосняків використано загальноприйняті в дендрохронології методи [21, 143]. Керни відібрано буравом Преслера на висоті 1,3 м з 20–25 дерев у кожному насадженні. Товщину шарів деревини виміряно приладом HENSON із точністю до 0,01 мм. У зв'язку з випадінням річних кілець проведено їхнє перехресне датування за допомогою програми Cofecha Річарда Холмса [236].

Узявши за критерій аномальності [50] середнє квадратичне відхилення σ від середнього рівня температури та опадів (за період 1945–2016 рр.), розраховали притримки їхньої аномальності (табл. А.1). Виявлено аномальні роки за температурою та опадами (табл. А.2).

За величиною гідротермічного коефіцієнта Селянинова [76] визначено посушливі роки (з ГТК < 0,7) та роки достнього зволоження (з ГТК 1–1,3) (дод. А, табл. А.3).

Результати досліджень, представлені в цьому розділі, висвітлено в публікаціях [69, 70].

РОЗДІЛ 3

ТЕНДЕНЦІЇ ВИНИКНЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ У ЛІСАХ РЕГІОНУ

3.1 Часові тенденції виникнення пожеж

У лісогосподарських підприємствах Рівненщини за період 2002–2017 рр. зафіксовано 472 пожежі з площею пошкодження лісів 366 га (рис. 3.1).

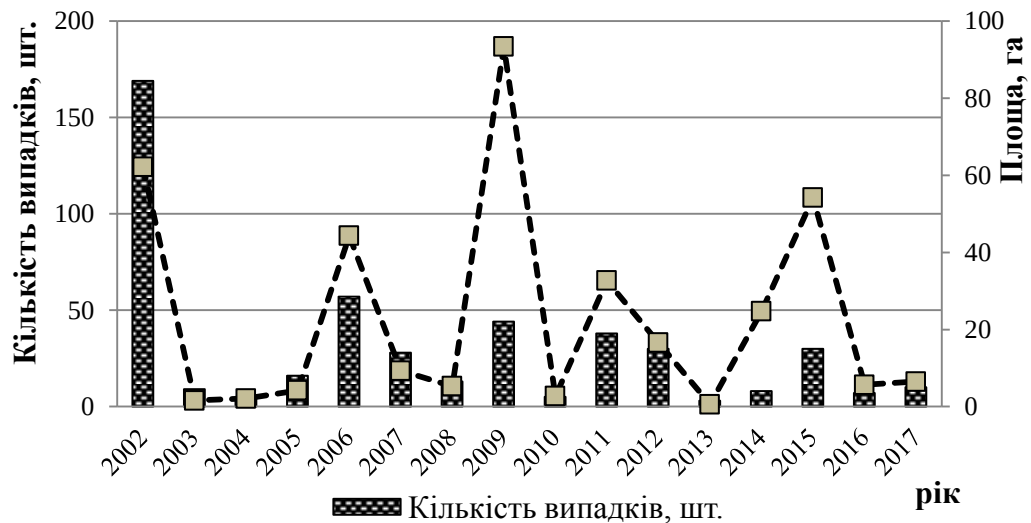


Рис. 3.1 Динаміка кількості випадків пожеж і площі пошкодження лісів у лісогосподарських підприємствах Рівненщини за період 2002–2017 рр.

Аналіз тенденцій виникнення пожеж у лісах Рівненщини свідчить, що кількість пожеж, пошкоджена ними площа, середня горимість суттєво змінюються як у часі, так і в просторі залежно від умов місцезростання, складу насаджень, відстані до населених пунктів тощо [67, 195].

Серед усіх лісогосподарських підприємств Рівненської області за період з 2002 до 2017 р. найвищі показники як за кількістю (130 випадків пожеж), так за площею (176,7 га) відзначено в ДП «Остківське ЛГ». Доволі велику кількість пожеж зареєстровано в ДП «Зарічненське ЛГ» (101 випадок загальною площею 76,1 га), а також у ДП «Клесівське ЛГ» (94 випадки, але з помітно меншою площею – 30,5 га). Майже в два рази менше випадків, ніж у згаданих лісогосподарських підприємствах, зафіксовано в ДП «Рокитнівське ЛГ» (57), при цьому їхня площа становила лише 13,4 га. У ДП «Сарненське

ЛГ» кількість пожеж була ще меншою – 50 випадків, але їхня загальна площа – 55,2 га – була навіть більшою, ніж у двох вищезгаданих господарствах. Найменші показники як за кількістю (37 випадків), так і за площею (12,35 га) зареєстровано в ДП «Костопільське ЛГ» (рис. 3.2).

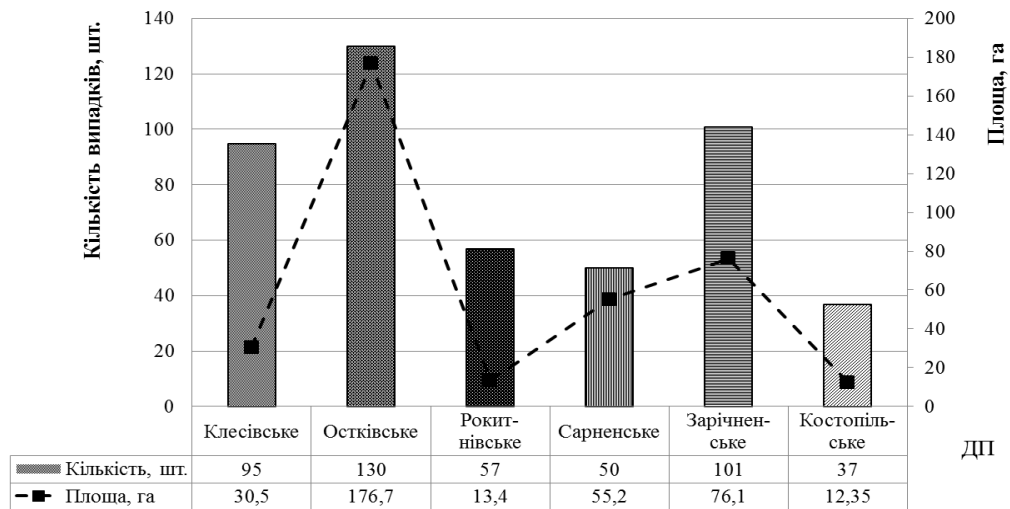


Рис. 3.2 Загальна кількість випадків і площа пожеж у лісогосподарських підприємствах Рівненської області за період 2002–2017 рр.

Для виявлення особливостей виникнення пожеж важливим є порівняння розподілу територій лісогосподарських підприємств за класами пожежної небезпеки (рис. 3.3, табл. Б.1).

У ДП «Клесівське ЛГ», «Остківське ЛГ», «Рокитнівське ЛГ» та «Зарічненське ЛГ» переважають ліси першої категорії пожежної небезпеки (близько 35 %), а середній клас пожежної небезпеки становить від 2,1 до 2,3. Водночас саме в цих лісогосподарських підприємствах зафіксовано найбільшу кількість пожеж. Велику частку території в усіх лісогосподарських підприємствах займають ліси 2 та 3 КПН, що зумовлено великою питомою вагою сосняків.

Найвищу середню горимість лісів (табл. 3.1) за кількістю випадків («надзвичайну») визначено в ДП «Остківське ЛГ» (287 випадків на 1 млн га). Для ДП «Зарічненське ЛГ» (170 випадків на 1 млн га) виявлено високий ступінь відносної горимості. Для інших лісогосподарських підприємств

зафіксовано ступінь вище середнього. Тільки в ДП «Рокитнівське ЛГ» із найменшим показником горимості за кількістю випадків (24 випадки на 1 млн га) зареєстровано середній ступінь відносної горимості.

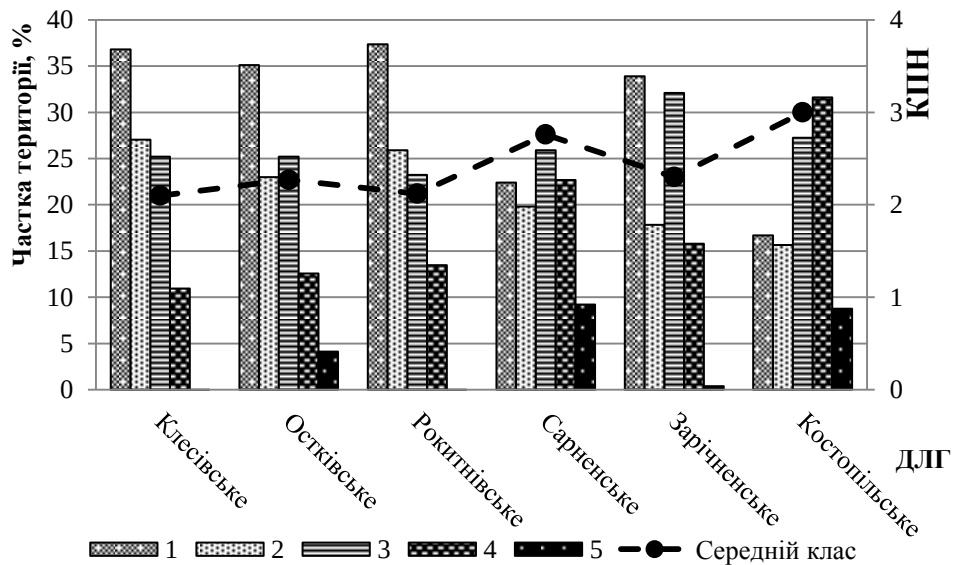


Рис. 3.3 Розподіл території досліджуваних лісогосподарських підприємств за класами пожежної небезпеки

Найбільшу відносну горимість за площею («нижчу за середню») зафіксовано у двох лісогосподарських підприємствах – Зарічненському ЛГ та Остківському ЛГ. В усіх інших господарствах відзначено низький ступінь відносної горимості. Найбільшу середню площу однієї пожежі відзначено в ДП «Остківське ЛГ» – 1,44 га та в ДП «Зарічненське ЛГ» – 1,02 га, найменшу – в ДП «Рокитнівське ЛГ» – 0,09 га (табл. 3.1).

Частота виникнення та негативні наслідки пожеж різко зростали в посушливі роки. За період 2002–2017 рр. зафіксовано чотири роки – 2002 (169 пожеж), 2009 (44 пожежі), 2011 (38 пожеж) та 2015 (30 пожеж), – коли за період пожежного максимуму (квітень – вересень) випало менше ніж 300 мм опадів, а гідротермічний коефіцієнт Селянінова становив 0,5–0,9, тобто погодні умови були посушливими. За ці роки було зафіксовано 281 випадок пожеж, або 56 % від загальної кількості за 2002–2017 рр. Проте ще протягом трьох років, 2006 (57 випадків пожеж), 2007 (28 випадків) та

2012 (30 випадків), трапилося 115 пожеж. Це загалом становить 87 % усіх пожеж за досліджуваний період (табл. В.1).

Таблиця 3.1

**Середня й відносна горимість лісів лісогосподарських підприємств
Рівненської області за період 2002–2017 рр.**

Державне підприємство	Середня горимість за рік				Середня площа однієї пожежі, га
	за кількістю випадків		за площею		
	на 1млн га площі ЛФ	відносна горимість	на 1000 га площі ЛФ, га	відносна горимість	
Зарічненське ЛГ	170	Висока	0,17	Нижча за середню	1,02
Костопільське ЛГ	57	Вища за середню	0,02	Низька	0,29
Клесівське ЛГ	59	Вища за середню	0,02	Низька	0,38
Остківське ЛГ	287	Надзвичайна	0,41	Нижча за середню	1,44
Рокитнівське ЛГ	24	Середня	0,01	Низька	0,09
Сарненське ЛГ	76	Вища за середню	0,05	Низька	0,60

Примітка. ЛФ – лісовий фонд України.

Розраховані критерії аномальності за температурою повітря та кількістю опадів (табл. А.1, А.2) дали змогу охарактеризувати погодні умови впродовж 2000–2017 рр. За кількістю опадів аномально сухими для Полісся були 2011 та 2015 рр., сухими – 2009 та 2017. За температурою повітря аномально теплими виявилися 2008, 2012, 2014, 2015 рр.

З іншого боку, хоча протягом 2012–2014 рр. щорічно випадало понад 600 мм опадів, у період пожежного максимуму їхня кількість була від 390 до 465 мм. Температура була значно вищою за багаторічну норму, що збігається з твердженням спеціалістів про підвищення температури повітря в Україні [286]. Так, 2013 рік посідає третє місце серед найтепліших, а 2014 належить до десяти найтепліших за останні 54 роки. Влітку 2013 р. температура повітря підвищилася на всій території на 1,0–1,5°C, що було зумовлене дуже високою мінімальною температурою. Середня температура за 2014 р. була вищою за кліматичну норму на 1,6°C. Крім того, якщо у 2013 р. значні

додатні аномалії середньої температури були зумовлені високими значеннями мінімальної температури, то у 2014 р. – максимальної температури. Особливостями термічного режиму цих років були тривалі безморозні періоди, а в період вегетації – значна кількість спекотних та посушливих днів. Але водночас у ДП «Костопільське ЛГ» з невисоким класом пожежної небезпеки, де за всі попередні роки зареєстровано лише 5 пожеж, у 2015 р. зафіксовано 15 випадків пожеж із загальною площею 4,15 га.

Важливим показником для визначення пожежної небезпеки є погодні умови в окремі місяці. Прикладом можуть бути 2002 та 2003 рр., коли простежується залежність кількості випадків загорань від погодних умов у різні місяці року (рис. 3.4).

Аналіз багаторічних даних щодо виникнення лісових пожеж дав змогу визначити періоди пожежного максимуму, тобто час, коли кількість пожеж перевищує середньомісячний показник, та виявити пожежний пік, або місяці з найбільшою кількістю пожеж.

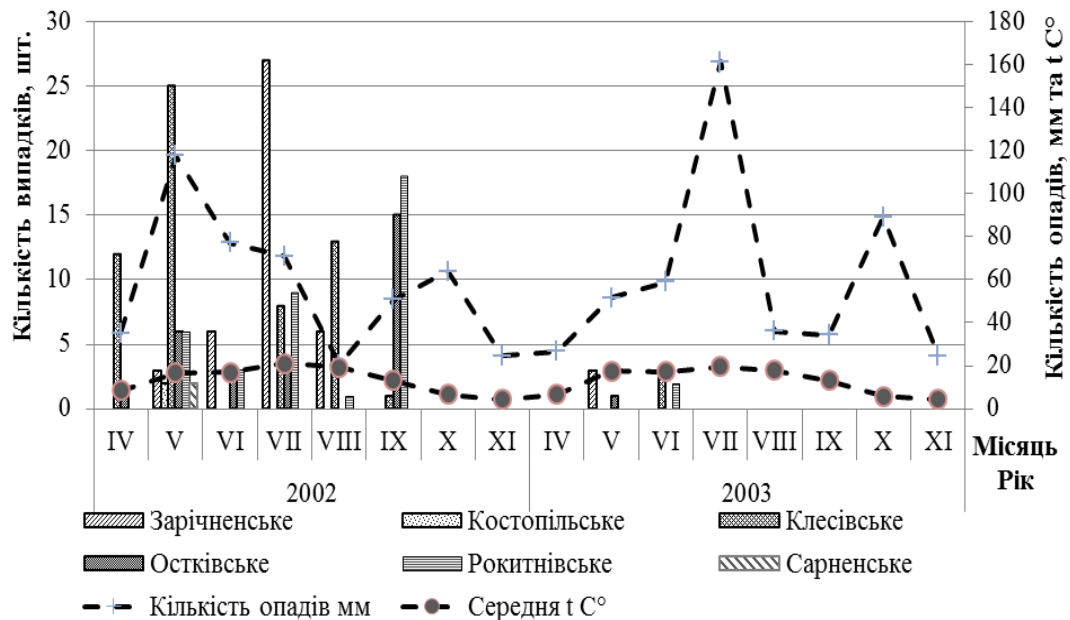


Рис. 3.4 Кількість лісових пожеж, температура та опади за місяцями у 2002 та 2003 рр.

Згідно з даними щодо лісових пожеж за період з 2002 до 2017 р. (рис. 3.5), максимальну кількість і площу пожеж зафіксовано в травні: у ДП «Клесівське ЛГ» – 38 % за кількістю та 48 % за площею, у ДП «Остківське ЛГ» – 45 та 48 % відповідно і в ДП «Зарічненське ЛГ» – 51 та 71 % відповідно. У ДП «Сарненське ЛГ» максимальне значення за кількістю (29 %) зареєстровано в травні, за площею (46 %) – у серпні. У ДП «Костопільське ЛГ» максимумами було відзначено у квітні: за кількістю пожеж – 53 %, за площею – 66 %. Лише в ДП «Рокитнівське ЛГ» максимальні значення (35 % загальної кількості та 29 % площі) зафіксовано у вересні (табл. В.2).

В інші місяці частка площі пожеж була меншою, а в деякі місяці для окремих підприємств випадків пожеж взагалі не було зареєстровано.

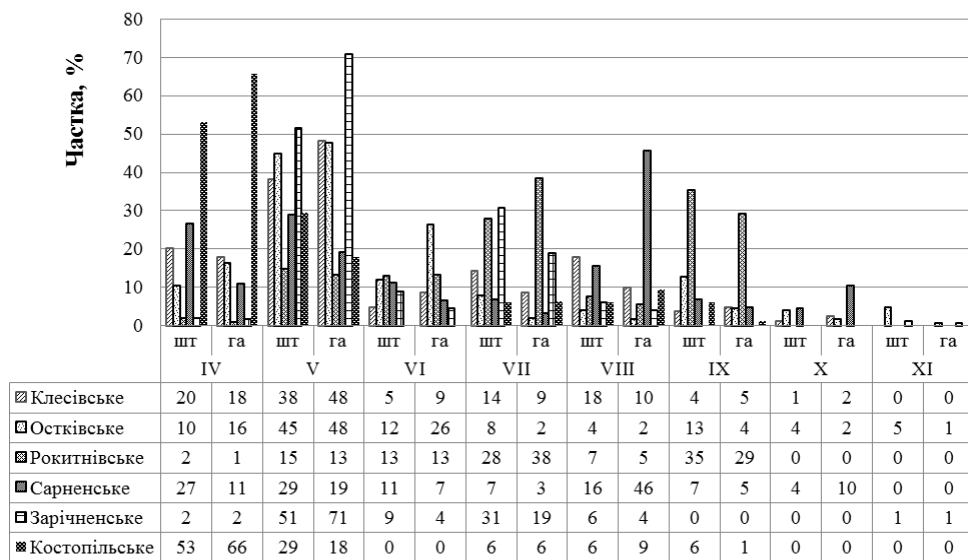


Рис. 3.5 Розподіл кількості та площі лісових пожеж у лісогосподарських підприємствах Рівненської області за період за місяцями

Для уточнення ймовірності виникнення пожеж протягом пожежонебезпечного періоду було встановлено дати першої та останньої пожежі для окремих лісогосподарських підприємств (табл. 3.2). За даними 2002–2014 рр. перша пожежа в усіх підприємствах траплялася у квітні, її дата варіювала у межах 27 днів. Дати останньої пожежі дуже різнилися.

Наприклад, у ДП «Остківське ЛГ» та ДП «Зарічненське ЛГ» останній випадок зафіксовано в листопаді, у ДП «Клесівське ЛГ» та ДП «Сарненське ЛГ» – у жовтні, а в ДП «Рокитнівське ЛГ» та ДП «Костопільське ЛГ» – у вересні. Зважаючи на це, періоди між першою та останньою пожежами в досліджуваних підприємствах помітно різнилися (див. табл. 3.2).

Небезпека виникнення пожеж у більшості лісогосподарських підприємств у вихідні дні не була дуже високою. Пожежі найчастіше виникали в середині тижня, але дні тижня не співпадали (рис. 3.6). Так, у ДП «Сарненське ЛГ», ДП «Зарічненське ЛГ» та ДП «Костопільське ЛГ» найбільшу кількість відзначено в середу. Переважна більшість випадків у ДП «Остківське ЛГ» (від 19 до 26 %) трапилася в п'ятницю, а максимальну площу пожеж у цей день зафіксовано лише в ДП «Рокитнівське ЛГ». В інші дні тижня максимальну площу пожеж зареєстровано в четвер у ДП «Клесівське ЛГ» (26 %) та в неділю у ДП «Остківське ЛГ» (32 %) (табл. Г.1).

Таблиця 3.2

Дати першої та останньої пожежі в окремих лісогосподарських підприємствах та число днів між ними

Державне підприємство	Дата пожежі		Днів між першою та останньою пожежами
	першої	останньої	
Остківське ЛГ	01.04.02	07.11.05	216
Зарічненське ЛГ	28.04.09	13.11.05	195
Клесівське ЛГ	10.04.02	07.10.11	177
Рокитнівське ЛГ	27.04.09	18.09.11	141
Сарненське ЛГ	09.04.09	04.10.11	175
Костопільське ЛГ	09.04.09	05.09.11	146

Максимальна частка від загальної кількості пожеж (від 41 до 72 %) припадає на групу із площею від 0,11 до 0,50 га (рис. 3.7). Пожеж площею від 5 до 10 га не зафіксовано зовсім, але в ДП «Остківське ЛГ» (1 випадок) та Сарненське ЛГ (2 випадки) сталися пожежі площею від 10 до 50 га. У державних підприємствах «Клесівське ЛГ», «Рокитнівське ЛГ» та «Костопільське ЛГ» друге місце за кількістю становить група з найменшою площею (від 0,011 до 0,100 га) – від 24 до 39 %. У трьох інших

лісогосподарських підприємствах значна частка припадає на пожежі площею 0,51–1,00 га та 1,1–5,0 га (від 14 до 30 %). (табл. Д.1).

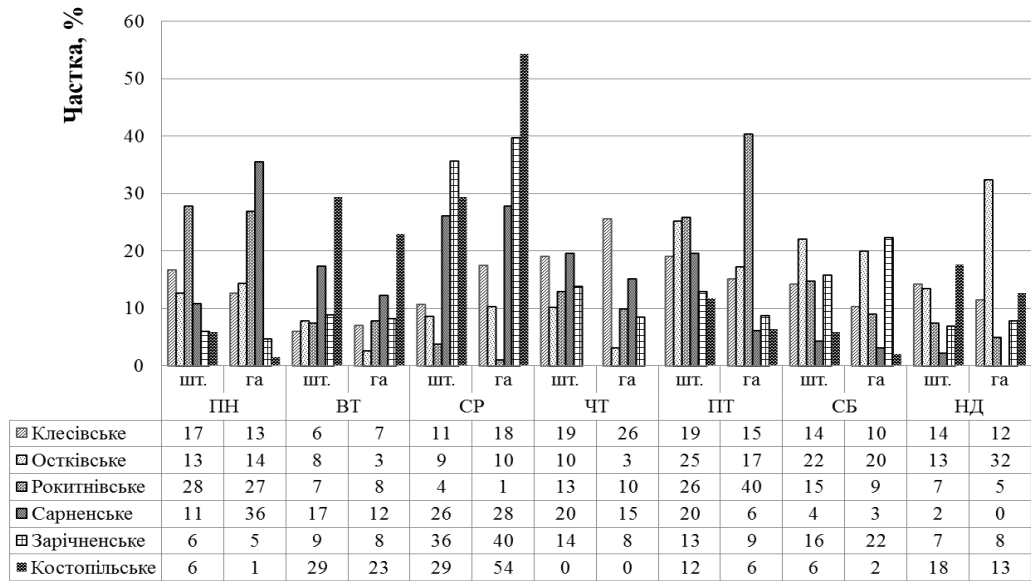


Рис. 3.6 Розподіл кількості випадків лісових пожеж у лісогосподарських підприємствах Рівненської області за днями тижня

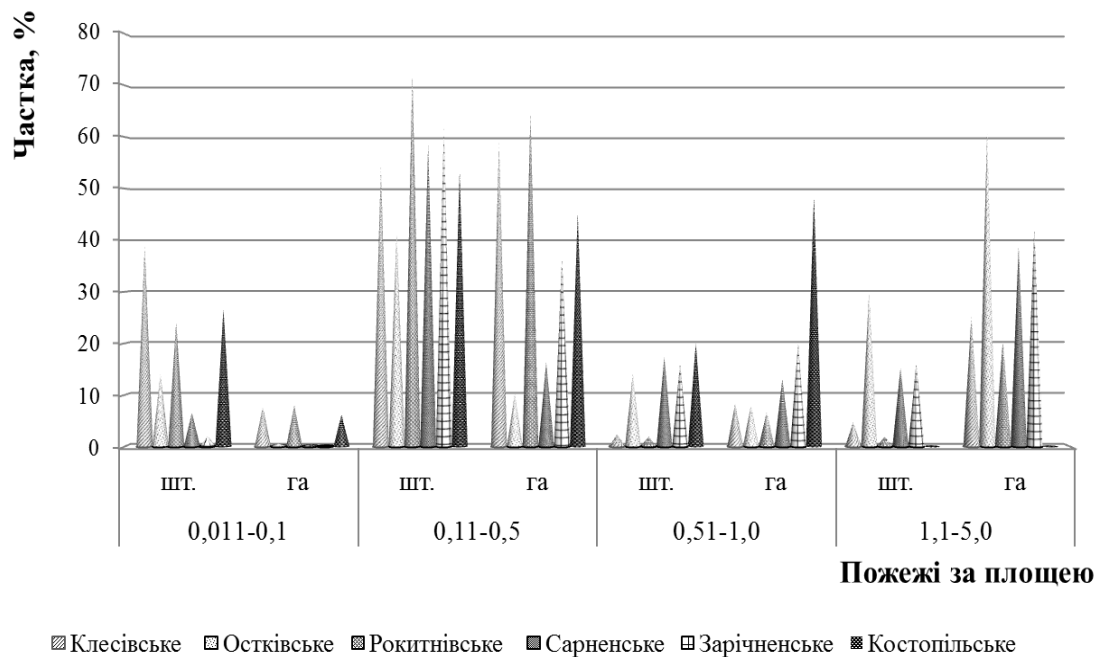


Рис. 3.7 Розподіл лісових пожеж у лісогосподарських підприємствах Рівненської області за досліджуваний період за площею

3.2 Таксаційна характеристика сосняків, пошкоджених пожежами

Переважа більшість пожеж (70–90 %) припадають на сосняки (табл. 3.3). Це пояснюється тим, що частка соснових насаджень становить від

64 до 81 % площі лісів лісогосподарських підприємств (рис. 3.8). Друге місце посідають насадження берези повислої (*Betula pendula* Roth), частка пошкодження пожежами яких становить від 2 до 19 %; їхня площа в лісовому фонді становить від 13 до 16 %. Тільки в ДП «Зарічненське ЛГ» друге місце як за кількістю випадків (13), так і за площею пожеж (18 %) посідають насадження вільхи чорної (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), оскільки на насадження цієї породи припадає 17 % площі лісів ДП «Зарічненське ЛГ». У цьому лісогосподарському підприємстві зафіксовано також пожежі в насадженнях дуба звичайного (*Quercus robur* L.): 2 % за кількістю.

Таблиця 3.3

Розподіл кількості та площі лісових пожеж у лісогосподарських підприємствах за породами

Державне підприємство	Показник	Сосна звичайна	Вільха чорна	Дуб звичайний	Береза повисла	Разом
Клесівське ЛГ	Кількість	$\frac{85}{92}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{93}{100}$
	Площа	$\frac{27,2}{93}$	$\frac{0,0}{0}$	$\frac{0,0}{0}$	$\frac{2,1}{7}$	$\frac{29,3}{100}$
Рокитнівське ЛГ	Кількість	$\frac{125}{98}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{127}{100}$
	Площа	$\frac{170}{98}$	$\frac{0,0}{0}$	$\frac{0,0}{0}$	$\frac{3,1}{2}$	$\frac{173}{100}$
Сарненське ЛГ	Кількість	$\frac{50}{93}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{54}{100}$
	Площа	$\frac{11,3}{93}$	$\frac{0,0}{0}$	$\frac{0,0}{0}$	$\frac{0,9}{7}$	$\frac{12,2}{100}$
Костопільське ЛГ	Кількість	$\frac{45}{94}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{48}{100}$
	Площа	$\frac{43,5}{81}$	$\frac{0,0}{0}$	$\frac{0,0}{0}$	$\frac{10,0}{19}$	$\frac{53,5}{100}$
Остківське ЛГ	Кількість	$\frac{98}{97}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{101}{100}$
	Площа	$\frac{75,6}{99}$	$\frac{0,0}{0}$	$\frac{0,0}{0}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{76,08}{100}$
Зарічненське ЛГ	Кількість	$\frac{24}{74}$	$\frac{4}{13}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{4}{12}$	$\frac{32}{100}$
	Площа	$\frac{6,6}{70}$	$\frac{1,7}{18}$	$\frac{0,4}{4}$	$\frac{0,8}{9}$	$\frac{9,48}{100}$

Примітка. Чисельник – кількість випадків (шт.) або площа (га); знаменник – %.

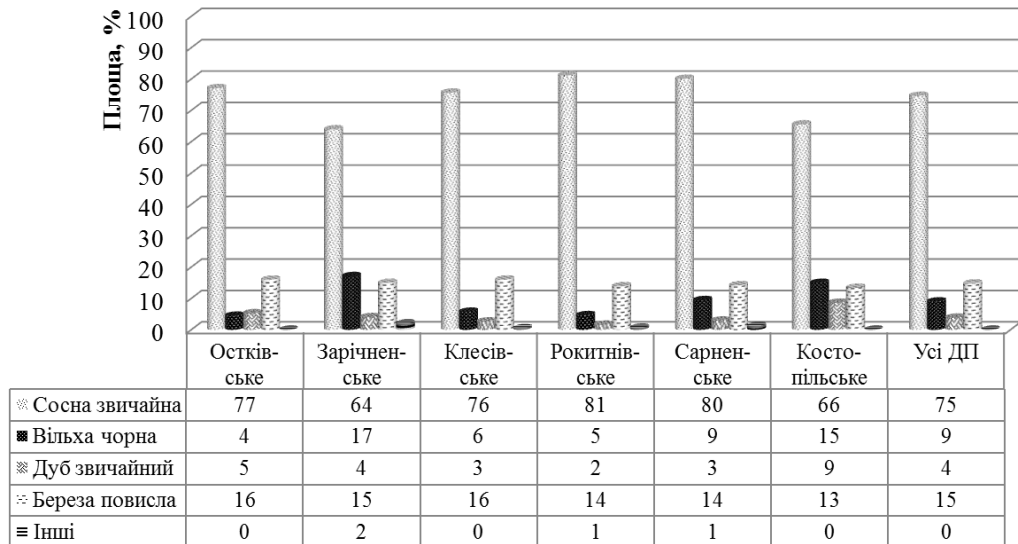


Рис. 3.8 Розподіл загальної площі лісів лісогосподарських підприємств за породами

Стримувальним фактором є те, що більшість сосняків належать до свіжих, вологих і сирих гігروتопів (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Розподіл відносної площі лісів у лісогосподарських підприємствах за типами лісу, %

Тип лісу	Державне підприємство				
	Клесівське ЛГ	Сарненське ЛГ	Рокитнівське ЛГ	Остківське ЛГ	Разом
A ₁ -С	2,7	7,0	2,4	6,8	4,6
A ₂ -С	12,1	15,8	10,5	13,8	13,3
A ₃ -С	6,7	3,0	2,3	3,5	4,1
A ₄ -С	3,3	0,8	0,9	2,5	1,9
A ₅ -С	5,2	0,1	4,7	2,3	3,3
B ₂ -дС	8,5	12,7	5,0	8,0	8,8
B ₃ -дС	30,0	27,3	29,0	25,9	29,2
B ₄ -дС	12,7	4,6	16,7	11,7	12,0
B ₄ -дС	1,4	8,4	3,5	0,1	3,7
B ₅ -БС	2,5	0,3	8,1	5,7	4,3
C ₃ -гдС	4,7	4,5	2,4	8,1	4,7
C ₃ -гД	0,2	1,1	0,9	2,7	1,1
C ₄ -Влч	4,8	2,2	4,0	3,6	3,8
C ₄ -Влс	0,4	6,0	0,2	0,0	1,8

За середньою кількістю пожеж на рік та горимістю серед усіх типів лісу перше місце посідають насадження в борах (рис. 3.9). У всіх

лісогосподарських підприємствах максимальною є горимість для свіжого соснового бору (239 випадків на 1 млн га) (табл. Е.1).

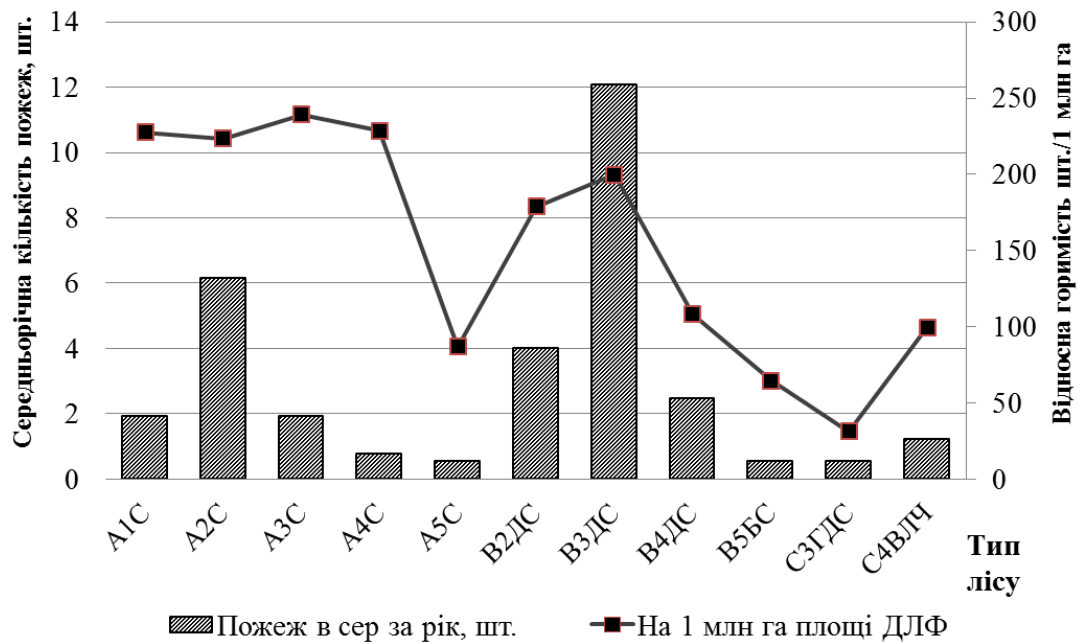


Рис. 3.9 Середня кількість пожеж та відносна горимість у різних типах лісу в лісогосподарських підприємствах Рівненської області

Найбільшу середньорічну кількість пожеж зареєстровано в насадженнях V класу віку, а відносну горимість – у насадженнях VII та VIII класів віку (відповідно 240 та 242 випадки на 1 млн га). Водночас у насадженнях XI та XII класів віку було зафіксовано невелику кількість пожеж на малій площі, тому відносна горимість була високою (рис. 3.10).

Найбільшою середньорічна кількість пожеж була в сосняках із повнотою 0,7–0,8, відносна горимість – у насадженнях із повнотою 0,9 (рис. 3.11).

Відносна горимість за кількістю випадків у різних типах лісу зменшується зі збільшенням трофності та вологості ґрунту (рис. 3.12).

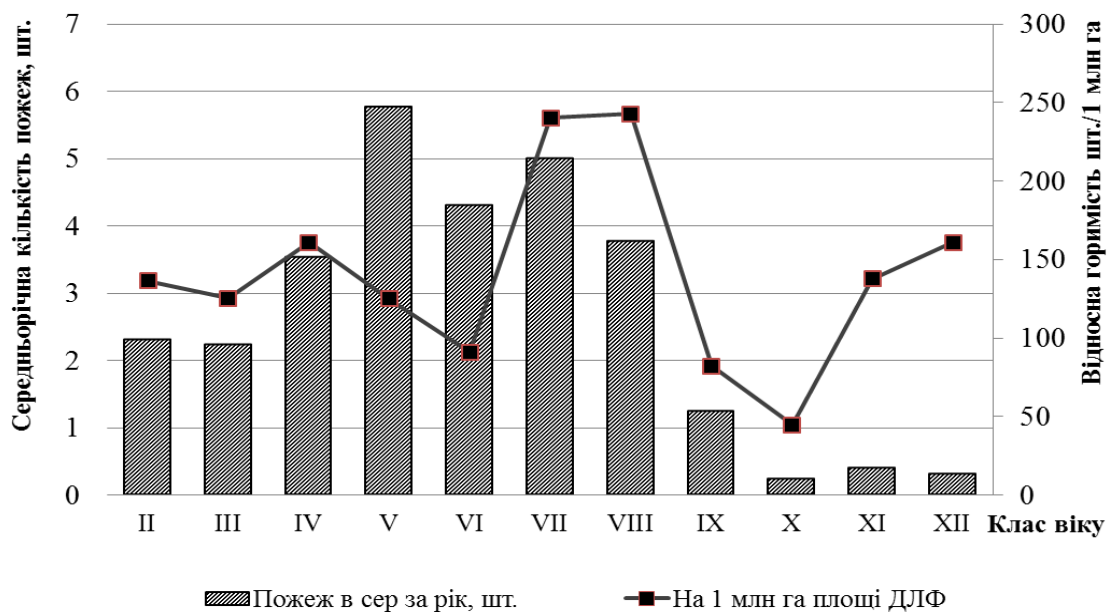


Рис. 3.10 Середня кількість пожеж (за рік) та відносна горимість (випадків на 1 млн га) у насадженнях різних класів віку в лісогосподарських підприємствах Рівненської області

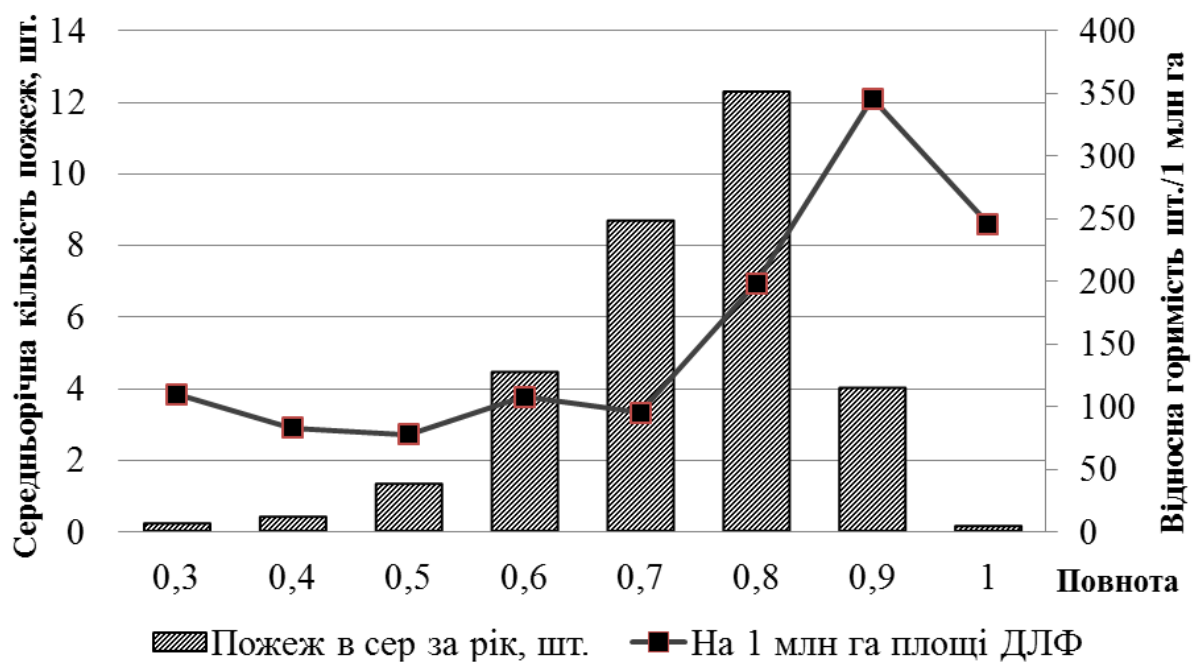


Рис. 3.11 Середня кількість пожеж та відносна горимість залежно від повноти насаджень у лісогосподарських підприємствах Рівненської області

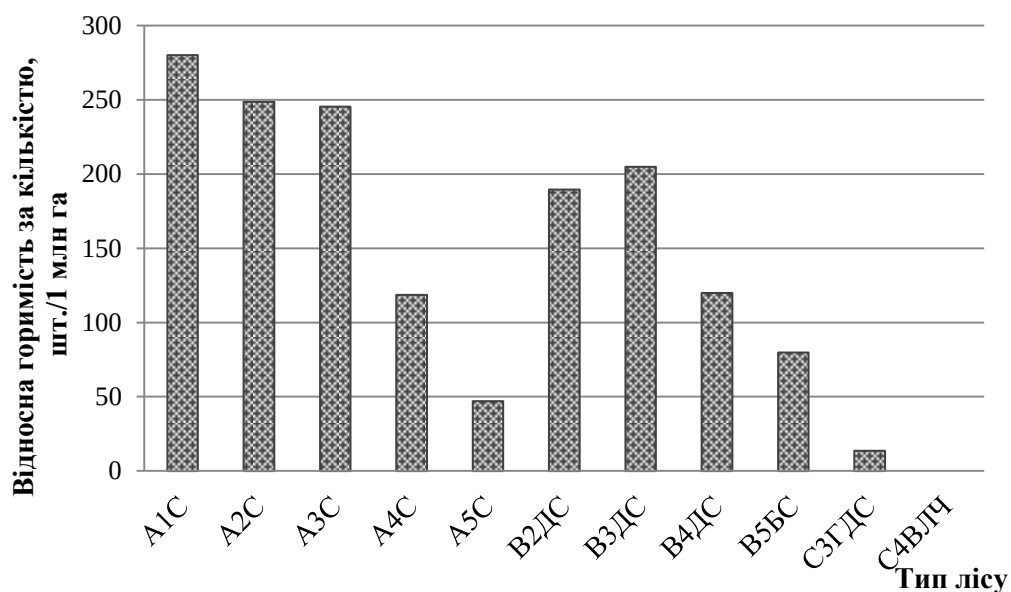


Рис. 3.12 Відносна горимість за кількістю випадків у різних типах лісу в перерахунку на площу соснових лісів

Для A₁C характерними також є максимальні значення горимості за площею на 1000 га території лісового фонду як для горимості сосняків (0,28 га на 1000 га), так і для загальної горимості (0,23 га на 1000 га). Найменшу горимість сосняків визначено для С₃-гдС (рис. 3.13).

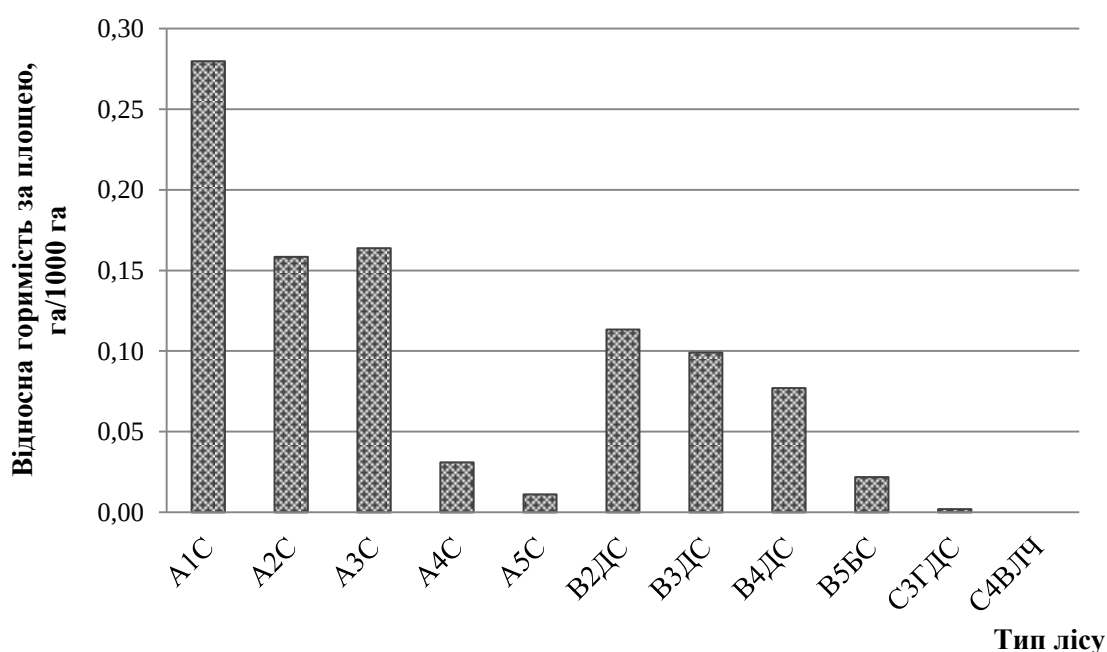


Рис. 3.13 Відносна горимість за площею пожеж у різних типах лісу в перерахунку на площу соснових лісів

Відносна горимість за площею в перерахунку на всю площу лісів є меншою, ніж горимість сосняків. Тому горимість у перерахунку на загальну площу суттєво знижує оцінку горимості сосняків.

Відносна горимість сосняків зменшується зі збільшенням вологості ґрунту. Тобто вологість ґрунту є одним із найважливіших факторів, що впливають на виникнення пожеж у різних типах лісу.

Відносна горимість за кількістю випадків у перерахунку на всю площу лісів становить від 31 (C_3 -гдС) до 239 випадків (A_3 -С) на 1 млн га, а для соснових насаджень – від 0 (C_4 -Влч) до 269 випадків (A_1 -С).

Відносна загальна горимість і горимість соснових лісів за класами віку були найвищими для I, VII, VIII та XII класів віку, тобто найсильніше пошкоджувалися молодняки та середньовікові насадження (рис. 3.14).

Максимальні значення горимості як за загальною площею лісів, так і за площею сосняків відзначено в сосняках IV класу віку (рис. 3.15) (табл. Ж.1). Найбільшу відносну горимість як за кількістю, так і за площею зафіксовано для сосняків із повнотою 0,9 як для всієї площі, так і окремо для соснових насаджень (рис. 3.16–3.17, табл. И.1). Дещо менші, але також доволі високі значення горимості зареєстровано в насадженнях з повнотою 0,8. У деревостанах з меншою повнотою горимість як за кількістю, так і за площею була значно меншою.

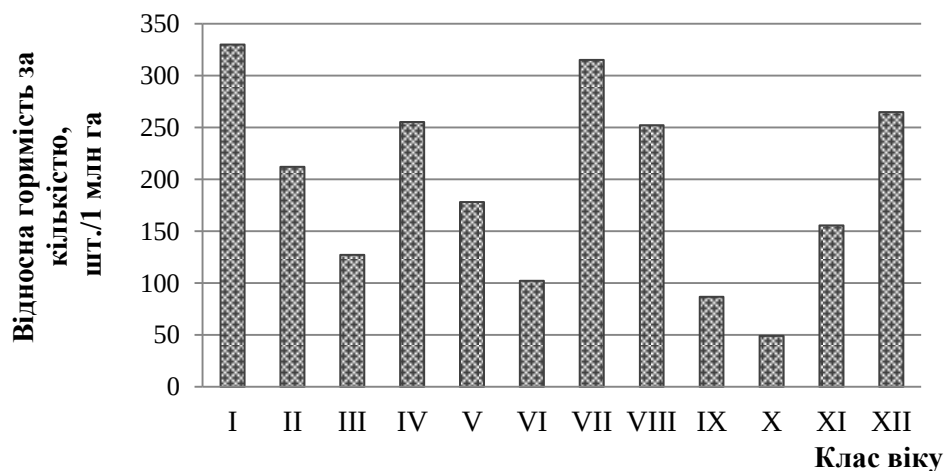


Рис. 3.14 Відносна горимість за кількістю випадків у насадженнях різних класів віку в перерахунку на площу соснових лісів

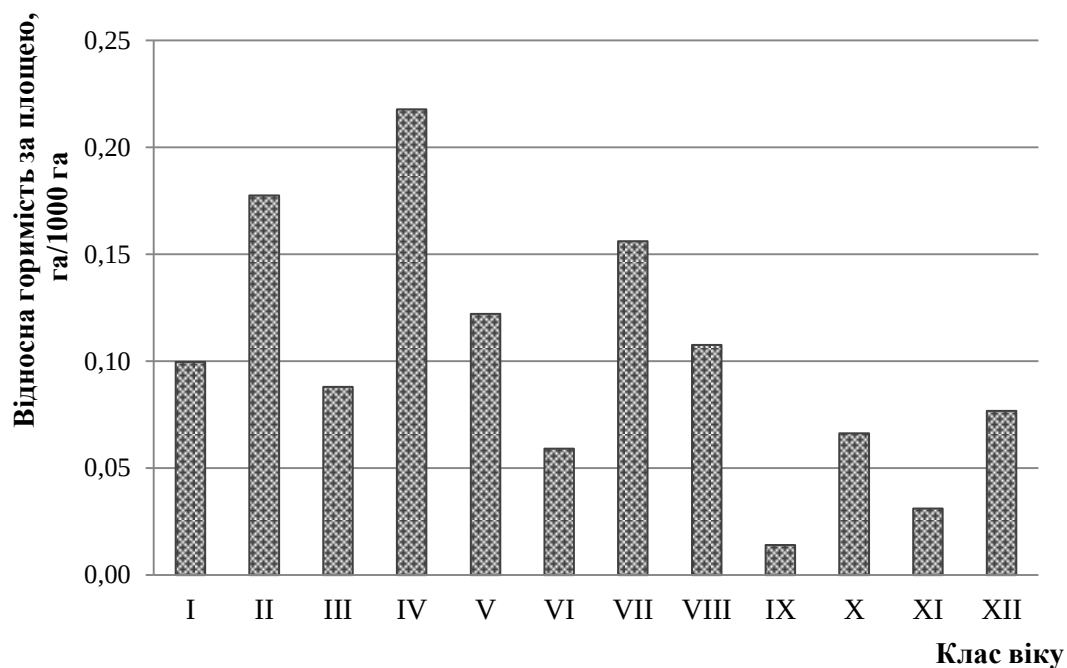


Рис. 3.15 Відносна горимість за площею пожеж у насадженнях різних класів віку в перерахунку на площу соснових лісів

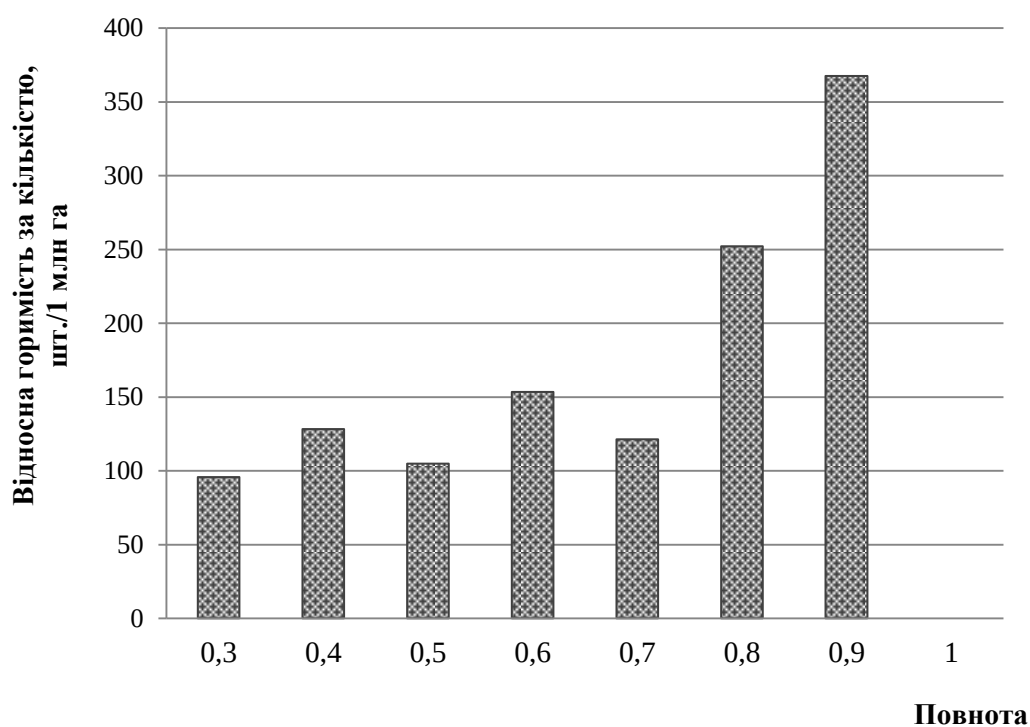


Рис. 3.16 Відносна горимість за кількістю випадків у насадженнях різної повноти в перерахунку на площу соснових лісів

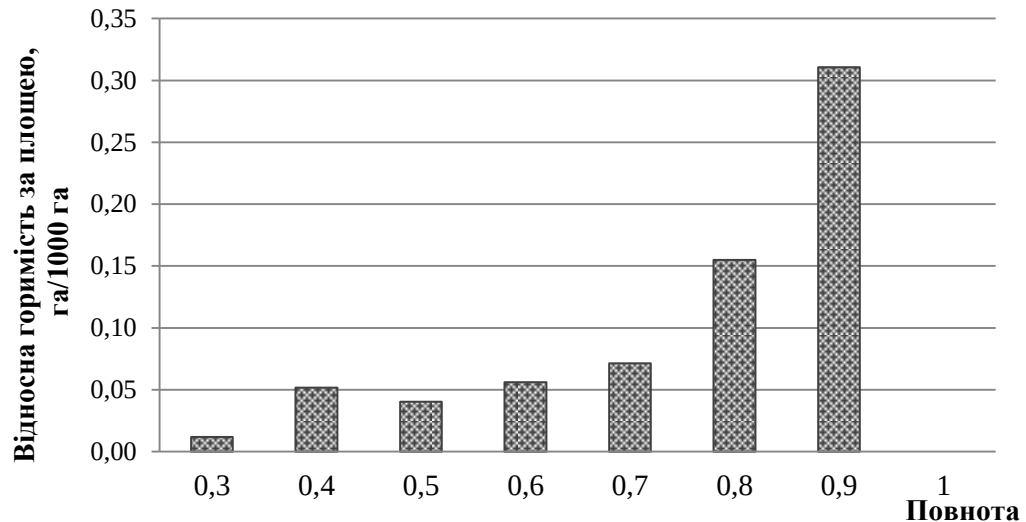


Рис. 3.17 Відносна горимість за площею пожеж у насадженнях різної повноти в перерахунку на площу соснових лісів

3.3 Просторові тенденції виникнення пожеж

Під час визначення кількості та площі пожеж на різній відстані від населеного пункту відзначено майже однакові особливості як за кількістю, так і за площею. Так, для обох показників пожеж у безпосередній близькості від населеного пункту, тобто на відстані до 0,5 км, різниця фактично відсутня. Помітне збільшення кількості пожеж та їхньої площі визначено за відстані від 1,1 до 4 км, а максимальну кількість зафіксовано для відстані від 5 км. Площа пожеж на відстані 4–5 км від населеного пункту сильно зменшується (рис. 3.18).

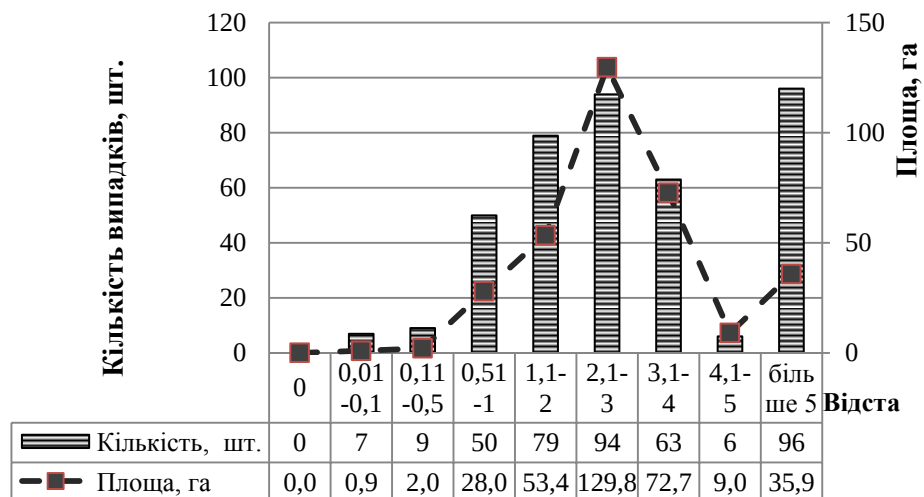


Рис. 3.18 Кількість та площа пожеж на різній відстані від населеного пункту

Кількість та площа пожеж на різних відстанях від дороги помітно не різняться. Так, максимуми як кількості, так і площі пожеж відзначено на відстані від 0,01 до 2,00 км від дороги. Мінімальне значення для обох показників зафіксовано для відстані 3,1–4,0 км від дороги. На відстані понад 4,0 км пожеж взагалі не зафіксовано. Тобто найбільша пожежна небезпека для лісів існує саме для насаджень, які найближче прилягають до доріг і які найчастіше відвідує населення (рис. 3.19).

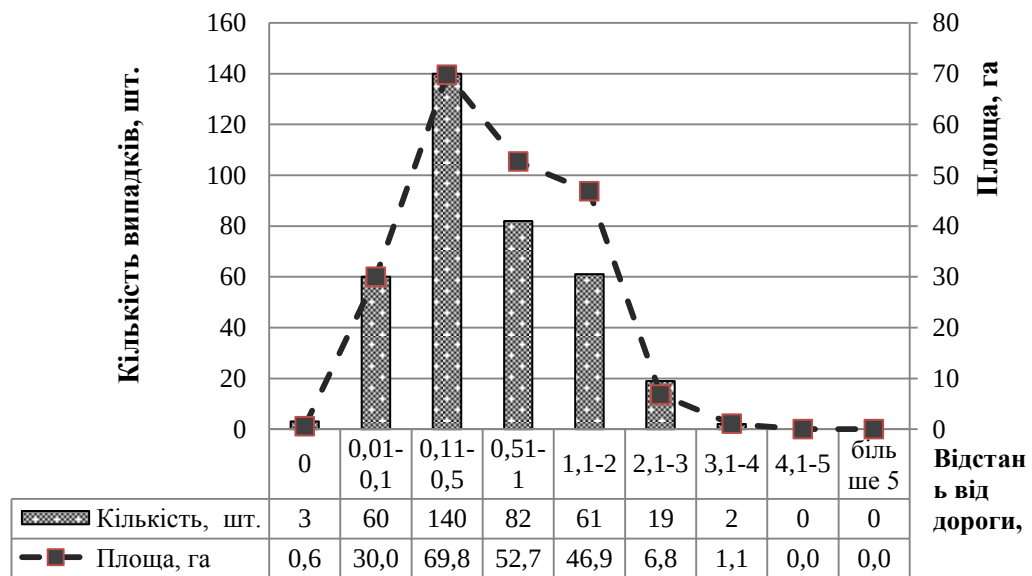


Рис. 3.19 Кількість та площа пожеж на різних відстанях від дороги

Детальний аналіз пожеж у кварталах окремих лісництв виявив місця, де пожежі в окремі роки повторюються. Значну кількість кварталів з трьома випадками виявлено в Кам'янському лісництві ДП «Остківське ЛГ». У цьому ж лісництві відзначено й максимальну кількість кварталів, де трапилося чотири випадки. Найбільш небезпечні квартали, де кількість пожеж становила п'ять і більше випадків, виявлено лише в деяких лісництвах ДП «Остківське ЛГ», ДП «Зарічненське ЛГ» та ДП «Клесівське ЛГ», а в Локницькому лісництві ДП «Зарічненське ЛГ» відзначено максимальний показник – три квартали, що мали п'ять і більше пожеж (табл. 3.5.)

Таблиця 3.5

Розподіл пожеж за кварталами лісництв у період 2002–2017 рр.

Лісництво	Загалом випадків пожеж	Кількість пожеж			
		2	3	4	> 5
ДП «Остківське ЛГ»					
Біловізьке	19	4, 13, 22, 61	–	3	–
Дубнівське	29	7, 12, 19, 25, 64	16	–	42
Кам'янське	54	29, 37, 38, 46, 49	14, 19, 33, 36, 43, 47	50, 53	51
Кисорицьке	7	9	–	–	–
Мушніанське	7	–	37	–	–
Остківське	6	2, 12	–	–	–
ДП «Заріченське ЛГ»					
Вичівське	23	13, 15, 20	–	–	19, 37
Дубрівське	8	34	32	–	–
Локницьке	33	42	–	–	52, 60, 62
Мутвицьке	2	–	–	–	–
Олександрівське	23	20	–	18	36, 4
Річицьке	7	–	12	–	–
ДП «Клесівське ЛГ»					
Єльнівське	13	–	–	43	42
Клесівське	7	32	–	–	–
Любонське	5	20	–	–	–
Лязівське	14	15	26	–	–
Першотравенське	9	54	–	15	–
Сехівське	11	36	–	–	–
Томашгородське	12	10, 38, 46	–	37	–
Федорівське	7	8, 64	–	–	–
Ясногірське	5	37	–	–	–
ДП «Рокитнівське ЛГ»					
Березівське	15	25	32, 34	–	–
Борівське	6	91, 93	–	–	–
Глиннівське	17	41, 94	112	–	–
Карпилівське	4	19	–	–	–
Масевицьке	8	1, 12	–	–	–
ДП «Сарненське ЛГ»					
Біловізьке	3	2	–	–	–
Сарненське	13	39, 101	91	–	–
Страшівське	9	–	–	65	–
Тиннеське	3	48	–	–	–
ДП «Костопільське ЛГ»					
Мащанське	11	50	–	43	–
Моквинське	4	24	–	–	–

Висновки до розділу

1. Кількість пожеж і їхня площа в лісах рівненської частини Волинського Полісся були доволі значними. Найбільшу кількість та площу пожеж за період з 2002 по 2017 р. зафіксовано в ДП «Остківське ЛГ» та ДП «Заріченське ЛГ». Найменше випадків відзначено в ДП «Костопільське ЛГ».

2. Причиною виникнення пожеж у Поліссі є високий середній клас пожежної небезпеки, що зумовлене значною питомою вагою соснових насаджень. Для державних підприємств «Остківське ЛГ», «Заріченське ЛГ», «Клесівське ЛГ» та «Рокитнівське ЛГ» середній клас пожежної небезпеки становив від 2,1 до 2,3. У ДП «Сарненське ЛГ» та ДП «Костопільське ЛГ» він був нижчим – від 2,8 до 3,0.

3. Відносну горимість за кількістю випадків пожеж у ДП «Остківське ЛГ» оцінено як «надзвичайну», у ДП «Заріченське ЛГ» – як «високу», у ДП «Клесівське ЛГ», ДП «Костопільське ЛГ» та ДП «Сарненське ЛГ» – «вищу за середню». У ДП «Рокитнівське ЛГ» зафіксовано найнижчу горимість серед досліджуваних лісгосподарських підприємств – «середню».

4. За площею, пройденою вогнем, відносна горимість у ДП «Остківське ЛГ» та ДП «Заріченське ЛГ» була на рівні «нижчої за середню», в усіх інших – «низькою».

5. Періодом пожежного максимуму в усіх досліджуваних лісгосподарських підприємствах Рівненської області є квітень – вересень, а пожежний пік в ДП «Костопільське ЛГ» зафіксовано в квітні (53 %), в ДП «Рокитнівське ЛГ» – у вересні (36 %), в усіх інших лісгосподарських підприємствах – у травні (від 37 до 51 %).

6. У більшості лісгосподарських підприємств найбільше пожеж трапляється в середині тижня (до 36 %), але в окремих підприємствах багато випадків зафіксовано у вихідні дні (до 23 %).

7. Найбільша частка за кількістю в усіх підприємствах припадає на пожежі площею від 0,11 до 0,5 га (від 42 % до 72 %). За загальною площею

пожеж максимальні значення для цієї групи зафіксовано для п'яти підприємств (від 37 до 62 %), тільки в ДП «Остківське ЛГ» найвищу частку становила група від 1,1 до 5 га.

8. Усі пожежі виникли в насадженнях із такими головним породами, як сосна звичайна, дуб звичайний, вільха чорна та береза повисла. В усіх лісогосподарських підприємствах від 70 до 90 % пожеж як за кількістю, так і за площею припадає на соснові насадження.

9. Середньорічна загальна горимість на 1 млн га площі всіх досліджуваних лісогосподарських підприємств показала, що саме борові насадження серед усіх типів лісу найбільше пошкоджуються вогнем (від 230 до 270 випадків на 1 млн га площі).

10. Найвищі значення середньорічної кількості пожеж як на всю площу лісів, так і на площу соснових насаджень припадають на молодняки та середньовікові насадження.

11. Найчастішими є пожежі в кварталах, що перебувають у безпосередній близькості до населених пунктів, доріг, залізниць тощо.

Результати досліджень, представлених у розділі, висвітлено в публікаціях автора [64, 67, 195].

РОЗДІЛ 4

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ Й ПАРАМЕТРИ ГОРІННЯ ПІДСТИЛКИ ТА ПІРОГЕННІ ЗМІНИ ҐРУНТІВ СОСНОВИХ ЛІСІВ

4.1 Запас та особливості структури лісової підстилки як показники пожежного ризику в соснових лісах Поліської частини Рівненщини

Успішне прогнозування виникнення та розвитку пожеж можливе лише на основі пірологічних характеристик ЛГМ [139], насамперед однієї з основних складових – підстилки. Особливо важливим це є для сосняків Полісся [66], які мають значні запаси підстилки (рис. 4.1). Таксаційну характеристику сосняків, в яких вивчали підстилку, наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Таксаційна характеристика чистих соснових насаджень, в яких визначали запаси підстилки

Лісництво-кв.-вид.	ТЛЮ	Вік, років	Повнота	Клас бонітету	$H_{\text{сер}},$ м	$D_{\text{сер}},$ см	$M,$ м ³ /га
Мащ-49-2	B ₃	18	0,7	I	5	5	16
Дуб-49-18	A ₁	26	0,8	II	8	9	75
Мащ-49-5	B ₃	28	0,8	I	10	10	88
Муш-54-38	B ₃	35	0,8	I ^б	16	18	230
Мащ-66-7	B ₃	38	0,8	I	13	14	180
Муш-52-49	B ₃	49	0,8	I ^a	20	20	320
Дуб-59-13	A ₃	58	0,8	II	15	16	210
Муш-54-16	B ₃	61	0,7	I ^a	23	25	320
Муш-52-46	B ₃	66	0,7	I	21	26	310
Мащ-48-5	B ₃	71	0,8	I ^a	25	26	410
Мащ-40-19	B ₃	80	0,7	I	26	33	380
Муш-50-2	B ₃	86	0,7	I ^a	30	38	430

Більшість соснових лісів поліської частини Рівненщини ростуть в умовах вологого субору, тому структуру та особливості лісової підстилки досліджували в чистих сосняках різного віку в цих умовах.

У соснових лісостанах поліської частини Рівненщини запас підстилки коливався від 124 до 830 ц/га, що значно перевищує обсяги, встановлені іншими авторами [137, 153].



Рис. 4.1 Типові для Волинського Полісся сосняки та потужність підстилки в них (ліворуч – сосновий деревостан в умовах A_1 ; праворуч – у B_3) (фото автора, 10.08.2016, Дубнівське лісництво, ДП «Остківське ЛГ» (ліворуч) та Мащанське лісництво, ДП «Костопільське ЛГ» (праворуч))

Середній запас підстилки в сосняках для різних вікових груп в умовах B_3 до віку 20–30 років майже не різнився (рис. 4.2). В 50-річному сосняку в умовах B_3 маса лісової підстилки в північній частині Полісся (ДП «Остківське ЛГ») була достовірно більшою, ніж у південній (ДП «Костопільське ЛГ») ($F_f = 86,9$; $F_t = 4,5$ при $p = 0,01$).

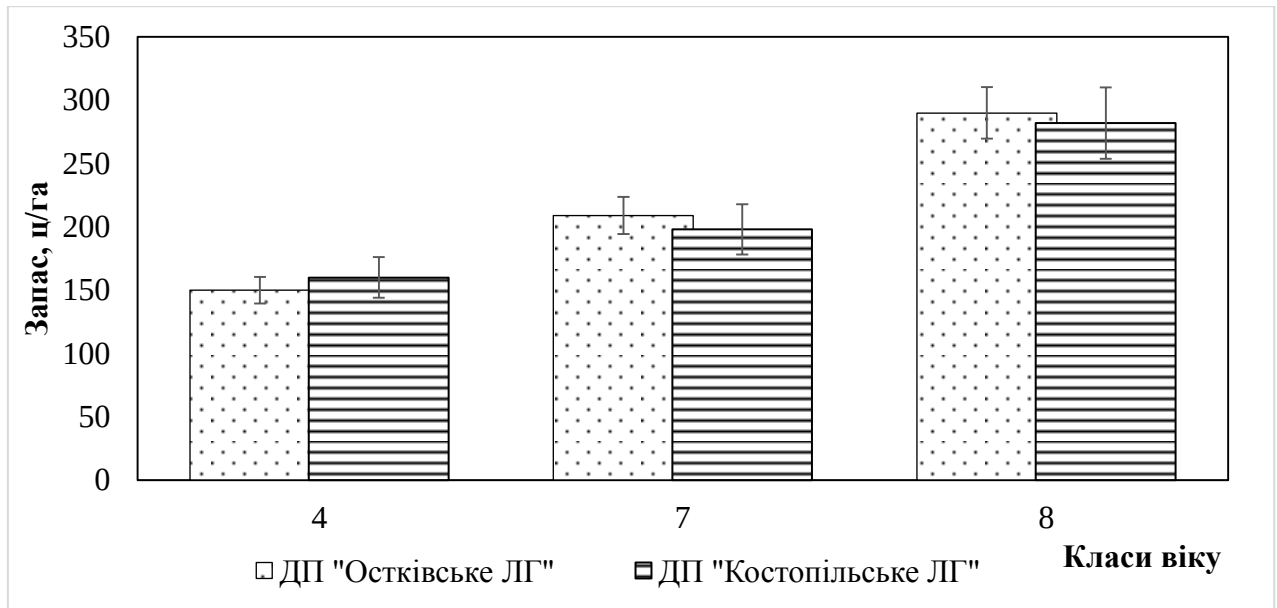


Рис. 4.2 Запаси підстилки в соснових насадженнях різних класів віку північної (ДП «Остківське ЛГ») та південної (ДП «Костопільське ЛГ») частин Полісся

У соснових насадженнях, однорідних за гігротопом, у багатших трофотопах накопичуються більші запаси підстилки. Так, якщо порівнювати 60-річні сосняки, то в борових умовах запас підстилки становив 355 ц/га, а в суборових – 703 ц/га. В умовах сугруду запас мортмаси був значно меншим, що свідчить про інтенсивніший процес розкладу підстилки (рис. 4.3).

Між віком сосняків і середнім запасом лісової підстилки в них виявлено сильний прямий кореляційний зв'язок ($r = 0,87$; $p = 0,05$). Найменший запас підстилки визначено у віці 20–30 років (124–246 ц/га). У 40 років запас став у 2,3–2,6 разу більшим. Максимальною маса підстилки була у 80-річних сосняках – 830 ц/га (рис. 4.4).

Оскільки запас підстилки збільшується з віком, можна стверджувати, що загроза пошкодження пожежею дерев сосни має таку ж тенденцію.

Поряд із фітодетритом (хвою, гілками, шишками), що надходить на земну поверхню, суттєве значення для формування підстилки має ЖНП. Запас ЖНП у сухих гігротопх є незначним, оскільки він формується

лишайниками та злаками, проте ризик виникнення пожежі є найвищим, оскільки вони швидко висихають та займаються.

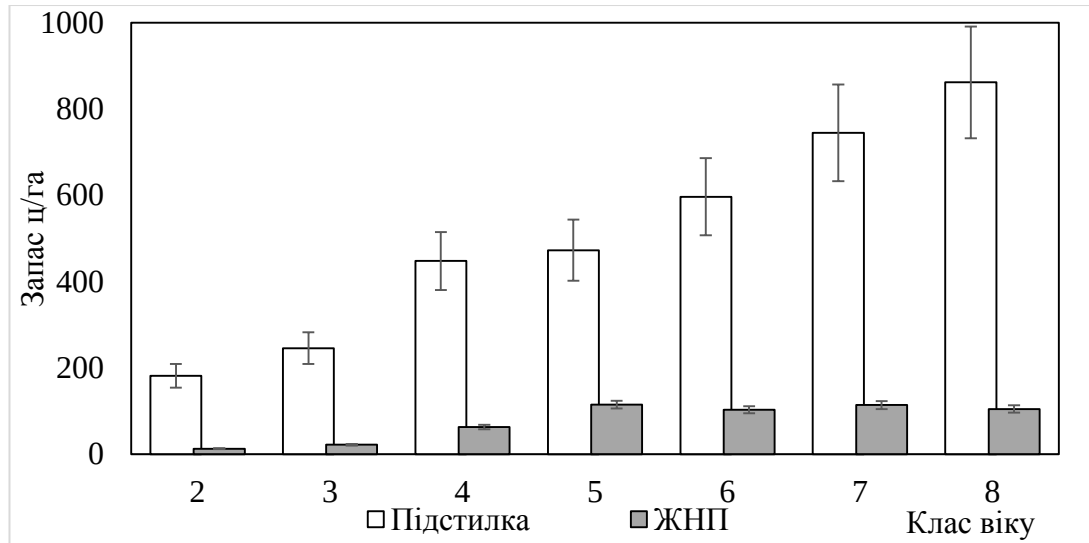


Рис. 4.3 Запас підстилки в соснових насадженнях різних класів віку, ц/га

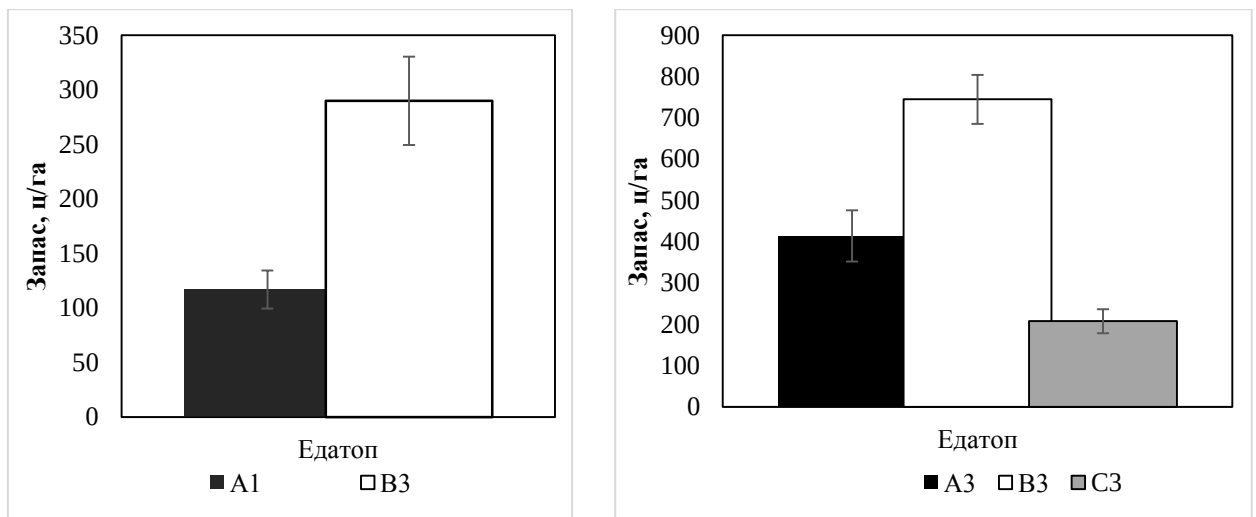


Рис. 4.4 Запас підстилки та живого надґрунтового покриву в соснових лісостанах залежно від ТЛҮ

У вологих борах надґрунтовий покрив формується за рахунок мохів, а у вологих суборах – мохів, чорниці та брусниці. Запас ЖНП може сягати 114 ц/га. Хоча рослини ЖНП у В₃ мають набагато меншу здатність до загорання, за посушливих погодних умов, коли покрив висихає до сухого стану, значний їхній обсяг становитиме надзвичайну загрозу.

Найбільшим запас підстилки є біля стовбура, найменшим – у просторі між кронами, де опад з дерев є мінімальним (табл. 4.2). Різниця запасів

підстилки в різних частинах насаджень може сягати 150–200 % ($F_f = 43,65$; $F_t = 3,40$ при $p = 0,01$).

Від запасу підстилки біля стовбура дерева залежить ступінь пошкодження стовбура низовою пожежею [179] внаслідок теплопровідності ґрунту та тепловипромінювання [116, 179]. У вологих і мокрих гігротопах формуються кореневі лапи, пошкодження яких пожежею призводить до швидкого всихання та вітровалу [68, 69, 70].

У 20–30-річних насадженнях запас підстилки шару Н був незначним і формувався переважно біля стовбура, зменшуючись із віддаленням від дерева (табл. 4.3). У просторі між кронами запаси цього шару були незначними або взагалі відсутніми. Так, в ДП «Костопільське ЛГ» у віці 20 років в умовах B_3 маса гуміфікованого шару біля стовбура становила 79 ц/га, на межі крони вона зменшувалася до 47 ц/га, а в просторі між кронами шар Н взагалі був відсутній. Для сосняків III класу віку в умовах B_3 не виявлено чіткого розмежування шарів F та Н, тому останній не виділяли, адже він був на стадії формування.

Таблиця 4.2

Запас підстилки та живого надґрунтового покриття в соснових лісостанах, ц/га

Л-во-кв.-вид.	ТЛУ	Клас віку	Запас підстилки			Запас живого надґрунтового покриття		
Маш-49-2	B_3	II	209	240	97	4	8	26
Дуб-49-18	A_1	III	125	127	121	2	0	0
Маш-49-5	B_3	III	318	246	175	18	18	29
Муш-54-38	B_3	IV	462	550	393	63	60	68
Маш-66-7	B_3	IV	494	452	430	21	17	47
Муш-52-49	B_3	V	625	565	520	103	111	130
Дуб-59-13	A_3	VI	557	322	185	127	102	37
Муш-54-16	B_3	VI	803	720	585	98	66	146
Муш-52-46	B_3	VII	816	701	486	95	107	140
Маш-48-5	B_3	VII	758	660	402	50	64	59
Маш-40-19	B_3	VIII	980	825	699	30	30	81
Муш-50-2	B_3	VIII	610	1043	839	92	88	133

Таблиця 4.3

Запас різних шарів підстилки в соснових насадженнях Полісся, ц/га

Л-во-кв.-вид.	ТЛУ	Клас віку	Шар підстилки	Біля стовбура дерев	На межі крони	У просторі між кронами	Середнє
Мащ-49-2	В ₃	II	L	79	53	32	55
			F	122	58	47	76
			H	79	47	0	42
Дуб-49-18	А ₁	III	L	33	22	10	21
			F	55	39	24	39
			H	86	43	38	56
Мащ-49-5	В ₃	III	L	143	143	74	120
			F	214	157	140	170
			H	0	0	0	0
Муш-54-38	В ₃	IV	L	144	103	90	112
			F	160	132	101	131
			H	283	203	129	205
Мащ-66-7	В ₃	IV	L	164	125	96	128
			F	171	159	123	151
			H	256	177	149	194
Муш-52-49	В ₃	V	L	34	25	16	25
			F	178	174	165	172
			H	293	189	137	207
Дуб-59-13	А ₂	VI	L	87	46	15	49
			F	192	101	27	107
			H	435	212	130	259
Муш-54-16	В ₃	VI	L	87	87	52	75
			F	414	275	227	305
			H	465	355	273	365
Муш-52-46	В ₃	VII	L	181	123	55	119
			F	214	153	142	170
			H	438	320	242	333
Мащ-48-5	В ₃	VII	L	96	40	0	45
			F	157	127	90	125
			H	505	475	301	427
Мащ-40-19	В ₃	VIII	L	129	103	89	107
			F	227	191	144	187
			H	708	486	467	554
Муш-50-2	В ₃	VIII	L	165	93	83	114
			F	349	311	127	262
			H	610	469	380	486

Маса підстилки зменшується в міру віддалення від стовбура. Так, у 70–80 річних сосняках у шарі Н біля стовбура маса мортмаси коливалася у межах 438–708 ц/га, на межі крони – у межах 320–486 ц/га, а у просторі між кронами перебувала у межах 242–467 ц/га (рис 4.5).

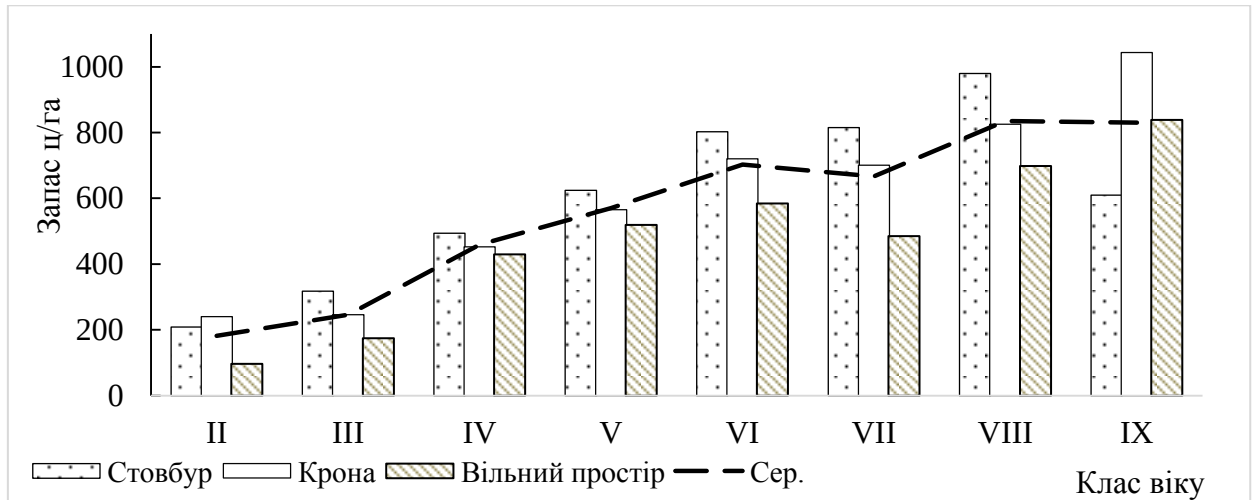


Рис. 4.5 Зміна запасу підстилки з віком залежно від місця відбору в сосновому насадженні

Товщина підстилки є найпростішим у визначенні параметром і надзвичайно зручним індикатором порушень біологічного кругообігу в лісових екосистемах [43]. Товщина підстилки змінювалася від 5,1 до 16,8 см, збільшуючись із віком насадження ($r = 0,6$; $p = 0,05$). У віці 15–20 років середня товщина підстилки становила 6,2 см, а у 80 років – 11,5 см (рис. 4.6). У межах крони товщина підстилки змінювалася від 5,4 до 16,8 см, а в міжкроновому просторі – від 5,1 до 11,5 см (табл. 4.4).

Регресійним аналізом (рис. 4.7) встановлено, що на 76 % запас підстилки визначався її товщиною ($R^2 = 0,76$; $p = 0,05$). Отримане регресійне рівняння дає можливість швидко оцінити запаси підстилки в насадженні. Загорання підстилки залежить насамперед від її вологості. Воно можливе за вологості менше ніж 30 %, а за вологості понад 50 % навіть за наявності джерел вогню лісова підстилка не загорається [155].

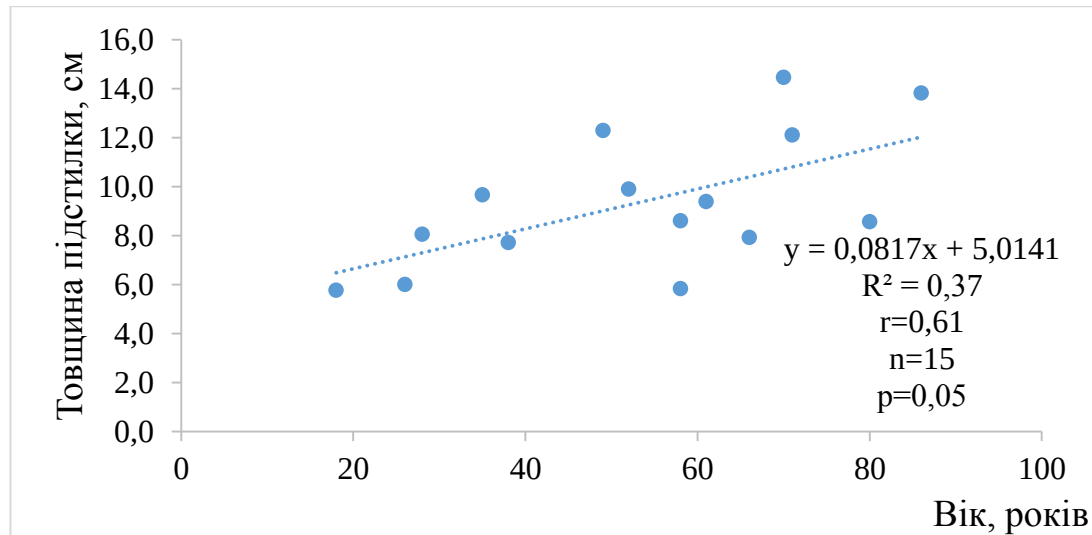


Рис.4.6 Зміна товщини підстилки з віком у соснових лісостанах

Таблиця 4.4

Товщина підстилки в соснових лісостанах, см

Л-во-кв. -вид.	ТЛУ	Вік	Місце відбору		
			біля стовбура	на межі крони	між кронами
Мащ-49-2	B ₃	18	6,2	6,1	5,1
Дуб-49-18	A ₁	26	5,6	5,4	7,0
Мащ-49-5	B ₃	28	11,1	7,2	5,9
Муш-54-38	B ₃	35	10,5	11,6	6,9
Мащ-66-7	B ₃	38	8,4	8,7	6,1
Муш-52-49	B ₃	49	11,3	13,7	11,9
Дуб-59-13	A ₃	58	7,9	6,5	11,5
Муш-54-16	B ₃	61	11,7	7,7	8,8
Мащ-48-5	B ₃	66	7,8	8,6	7,5
Муш-52-46	B ₃	71	11,3	13,3	11,7
Мащ-40-19	B ₃	80	8,9	9,0	7,8
Муш-50-2	B ₃	86	13,8	16,8	10,8
Дуб-56-28	B ₃	52	8,7	9,5	11,5
Мащ-40-20	B ₃	58	6,2	6,2	5,2

Запаси підстилки визначали 20 серпня та 19–22 вересня 2016 р. За період з квітня до 20 серпня випало 293 мм опадів, і на момент відбору вологість підстилки для шару L становила 44,4 %, для шару F – 51,3 %, для шару H – 39,7 % (рис. 4.8). Різниця між максимальним та мінімальним значеннями була великою: для L – 32–52 %, F – 40–60, H – 35–45 %.

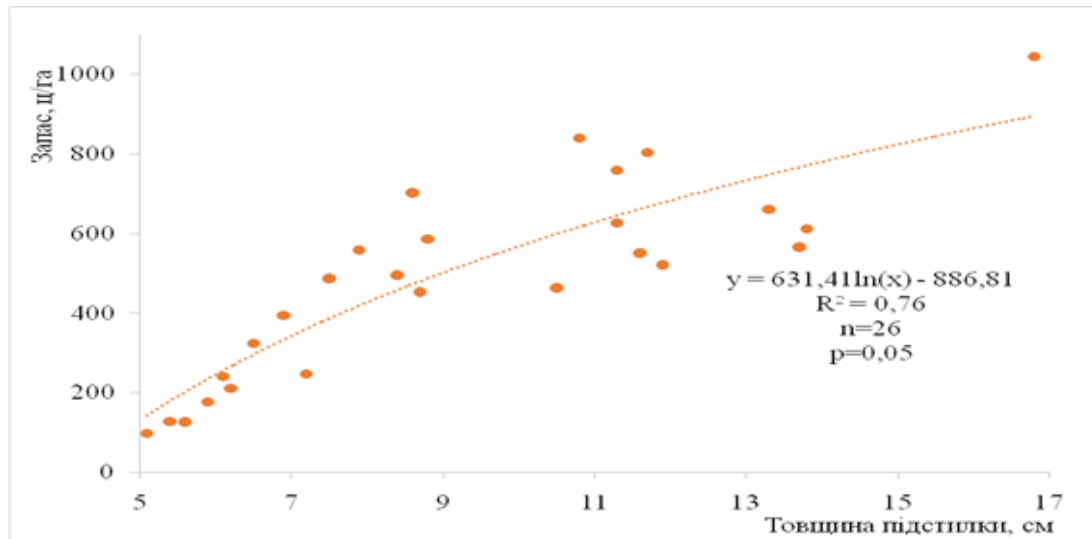


Рис. 4.7 Залежність між запасом і товщиною лісової підстилки в соснових насадженнях

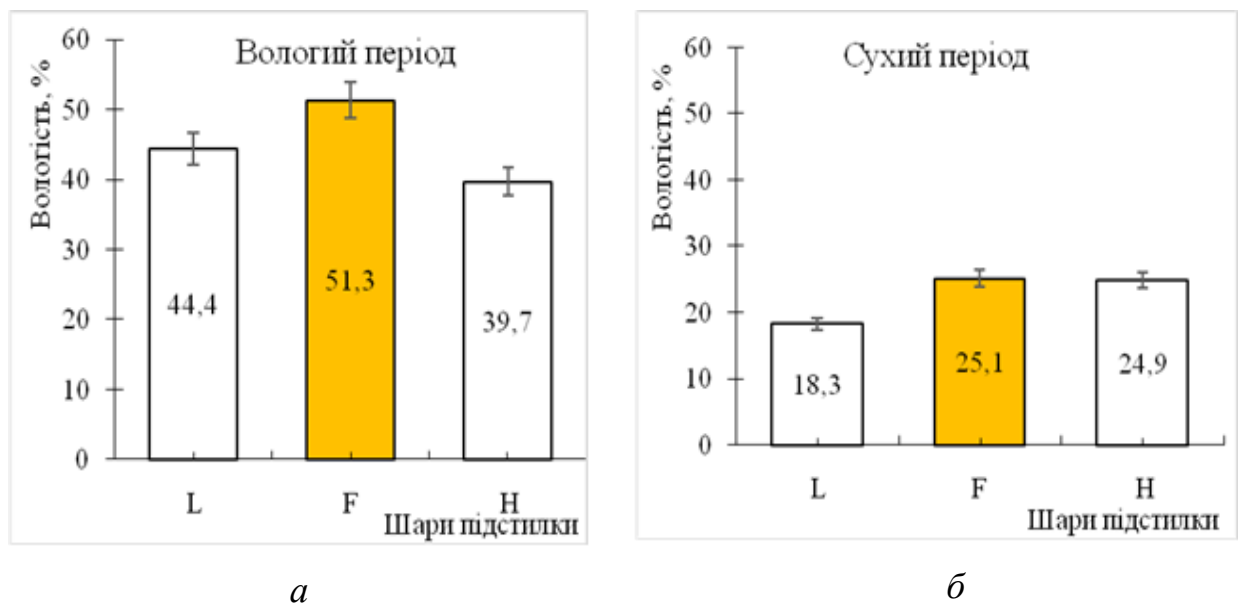


Рис. 4.8 Вологість шарів підстилки в соснових лісостанах:

а – вологий період; *б* – сухий період

За період до наступного відбору зразків лісової підстилки випало лише 5 мм опадів. Середня добова температура коливалася від 21 до 32°C. Тому вологість шару L зменшилася до 18,3 %, шару F – до 25,1 , шару Н – до 24,9 %, зменшення становило відповідно 2,42, 2,04 та 1,59 разу. Таким чином, відносний ступінь втрати вологи зменшуватиметься вглиб профілю лісової підстилки. Інтервал коливання між максимальними й мінімальними

значеннями становив: для шару L – 5–27 %, для шару F – 11–32 %, для шару H – 20–35 %. За місяць бездощової спекотної погоди вологість підстилки зменшилася до рівня займання за умови наявності джерел вогню.

Найменшу вологість зафіксовано в шарі L, який найшвидше висихає. Щодо шарів F і H, то нижчий шар не завжди мав найвищу вологість. Можна припустити, що, з одного боку, за невеликої кількості опадів через велику щільність середнього шару волога не надходить глибше. З іншого боку, в досліджуваному типі лісу, як уже зазначалося, горизонт H густо пронизаний корінням, яке активно поглинає вологу, затриману в цьому шарі (рис.4.9).



Рис.4.9 Коріння сосни, яким густо пронизаний гуміфікований горизонт лісової підстилки (фото автора, 10.08.2016, Мушнянське лісництво, ДП «Остківське ЛГ»)

Згідно з результатами досліджень Курбатського [134], об'ємна маса підстилки суттєво варіює (від 36 до 110 г/дм³), залежить від ТЛУ та зменшується зі збільшенням вологості місцезростань. Проведені нами дослідження (табл. 4.5) надали можливість встановити діапазон мінливості значень об'ємної маси: 30,6–97,3 г/дм³. Вона пов'язана з віком деревостанів, едатопом, повнотою, бонітетом тощо. Кореляційний зв'язок між об'ємною масою й віком сосняків є сильним ($r = 0,73$) та апроксимується рівнянням прямої $y = 0,7458x + 15,47$. Об'ємна маса підстилки зростає з віком. Так, якщо у сосняках II–III класу віку середня об'ємна маса підстилки становить

30,6–36,2 г/дм³, то в сосняках VI–VIII класу віку – 74,8–97,3 г/дм³, тобто зростає в 2,1–3,2 разу. Пірологічне значення зростання запасів підстилки та об'ємної маси є різним. У разі збільшення щільності підстилки вповільнюється швидкість горіння.

До віку 50–60 років максимальне значення об'ємної маси реєстрували зазвичай на межі крони, а в старших сосняках, навпаки, біля стовбура. Різниця між цими двома мікрозонами зростає зі збільшенням віку сосняків (табл. 4.5). Якщо в 30–40 років різниця між мікрозонами становить 6–8 г/дм³, то в 70–80 років – 20–24 г/дм³.

Таблиця 4.5

Об'ємна маса підстилки в соснових насадженнях в умовах В₃, г/дм³

Л-во-кв.-вид.	Клас віку	Місце відбору			
		біля стовбура	на межі крони	між кронами	Середнє
Мащ-49-2	II	33,7	39,6	19,1	31,5
Мащ-49-5	III	28,7	34,3	29,6	30,6
Дуб-56-28	III	35,1	43,0	31,4	36,2
Муш-54-38	IV	44,0	47,5	56,8	48,4
Мащ-66-7	IV	58,9	51,9	70,9	59,4
Муш-52-49	V	55,3	41,2	43,7	46,4
Мащ-40-20	VI	55,1	61,0	62,9	59,5
Муш-54-16	VI	68,9	93,9	66,2	74,8
Муш-52-46	VII	105,3	81,7	65,0	84,1
Мащ-40-19	VIII	110,1	91,6	89,3	97,3

Такі зміни запасів та щільності підстилки пов'язані з особливостями її формування. Щільність підстилки, а значить, й інтенсивність горіння залежить від складу мортмаси в шарах підстилки (табл. 4.6).

Опадовий шар L складався зі свіжого опаду, що зберіг початкову форму, морфологію та міцність побурілих рослинних залишків пухкого, розсипчастого, крихкого фракційного складу. Основною складовою мортмаси був опад хвої. Гілки та шишки становили відповідно 2–12 і 3–15 % від загального запасу. Цей шар підстилки разом із трав'яним покривом [39] віднесено до I групи ЛГМ, які є «провідниками горіння». Температура

горіння верхнього листопадного шару коливалася в межах 354–444°C [49], що пов'язане з невеликою його товщиною.

Ферментативний шар F складався з коричнево-бурих органічних залишків, що напіврозклалися та втратили початкову форму та міцність. Він пронизаний тонким корінням рослин та гіфами грибів. Частка безструктурної мортмаси становила 80–100 %. Значний запас палива та пухка структура з порожнинами сприяли доступу повітря та збільшенню температури горіння. Саме під час горіння зразків цього горизонту було зафіксовано максимальні значення температури горіння підстилки в повітряно-сухому стані

Таблиця 4.6

Розподіл мортмаси за фракціями в різних шарах підстилки

Л-во-кв.-вид.	ТЛУ	Клас віку	Шар	Разом, ц/га	Розподіл підстилки за фракціями, %			
					Хвоя	Гілки	Шишки	Безструктурна мортмас
Мащ-49-2	В ₃	II	L	55	100,0	0,0	0,0	0,0
			F	76	0,0	0,0	7,0	93,0
			H	42	0,0	0,0	0,0	100,0
Мащ-66-7	В ₃	IV	L	128	89,1	6,2	4,7	0,0
			F	151	0,0	17,5	0,9	81,7
			H	194	0,0	0,0	0,0	100,0
Муш-54-16	В ₃	V	L	25	90,0	4,8	5,2	0,0
			F	172	0,0	0,0	0,0	100,0
			H	207	0,0	0,0	0,0	100,0
Муш-52-46	В ₃	VI	L	75	81,1	6,7	12,3	0,0
			F	305	0,0	0,0	0,0	100,0
			H	365	0,0	0,0	0,0	100,0
Мащ-40-19	В ₃	VII	L	45	75,1	22,2	2,7	0,0
			F	125	0,0	15,0	8,6	76,4
			H	427	0,0	5,8	7,0	87,2
Муш-50-2	В ₃	VIII	L	114	93,9	3,2	2,9	0,0
			F	262	0,0	0,0	0,0	100,0
			H	486	0,0	0,0	0,0	100,0
Мащ-40-19	В ₃	VIII	L	107	100,0	0,0	0,0	0,0
			F	187	0,0	0,0	0,0	100,0
			H	554	0,0	0,0	0,0	100,0

Найнижчий гуміфікований шар H, темно-бурий, чорний складався з однорідної, часто порошкоподібної, доволі щільно спресованої маси. Для

цього шару характерні значний уміст піску (від 9,4 до 19,5 %) і найвища вологість. Температура його горіння є найнижчою – 200–300°C. [49]. Часто цей горизонт протягом значного періоду часу горить без полум'я. Тривалий режим горіння шару Н збільшує силу й тривалість негативних процесів під час постпірогенного розвитку сосняків.

Кожен із зазначених шарів підстилки є дискретним утворенням із певними властивостями. Лісовій підстилці притаманна просторова ієрархічність процесів, крім того кожна наступна взаємодія неможлива без попередніх процесів, а попередні етапи трансформації відбуваються у вище розташованих структурах підстилкового профілю [3, 217].

Співвідношення між шарами підстилки зі зростанням віку сосняків суттєво змінюється (рис. 4.10). У насадженнях до 40 років частки шарів L і F є майже рівними, а частка Н є незначною або зовсім відсутньою. У насадженнях віком понад 50 років частки F і Н різко зростають; для шару F максимальне значення зафіксовано в 50–60 років, для Н – після 70 років. Причиною є значне збільшення запасів фітодетриту в цих горизонтах.

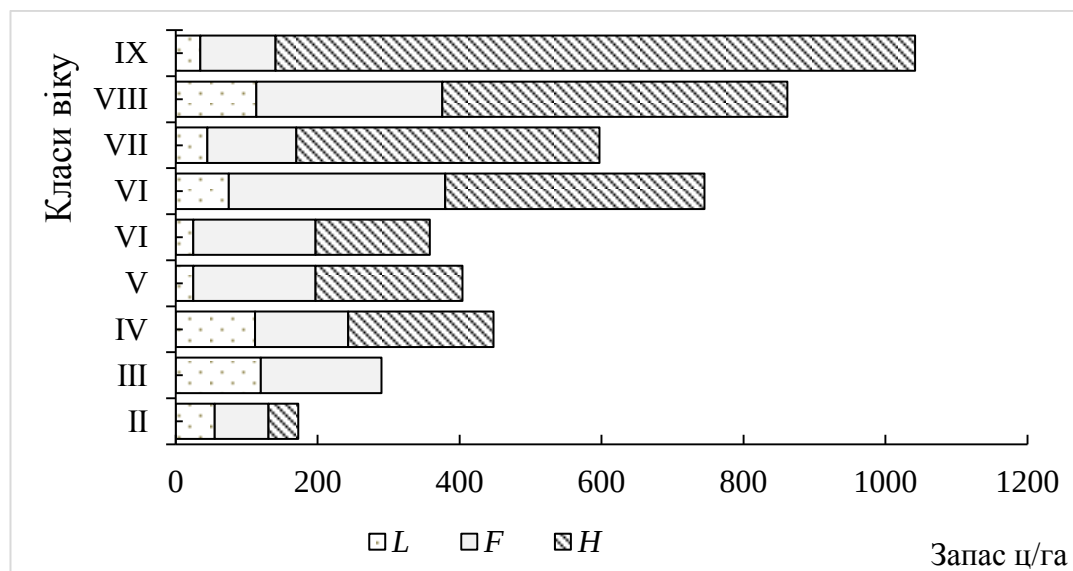


Рис. 4.10 Зміна співвідношення шарів підстилки з віком у сосняків

По відношенню маси нижнього до вищерозташованого шару можна оцінити процес розкладення мортмаси [217]. Індекс накопичення мортмаси в шарі F в 50-років коливався від 5,2 до 10,3 (табл. 4.7), тобто в результаті гальмування розкладу мортмаси накопичується від 3 до 10 річних запасів

опадового горизонту L. Після 70 років у шарі Н накопичується 2–3 річних запаси опадового шару. Отже, у сосняках після 50 років суттєво зростають запаси шарів F та H, що за тривалої посухи становить надзвичайну загрозу.

Таблиця 4.7

**Коефіцієнти накопичення мортмаси в шарах підстилки
в соснових лісостанах залежно від віку**

Л-во-кв.-вид.	Клас віку	Шар підстилки	Біля стовбура дерев	На межі крони	У просторі між кронами	Середнє
Мащ-49-2	II	F/L	1,5	1,1	1,5	1,4
		H/F	0,6	0,8	–	0,6
Мащ-66-7	IV	F/L	1,0	1,3	1,3	1,2
		H/F	1,5	1,1	1,2	1,3
Муш-52-49	V	F/L	5,2	7,0	10,3	6,9
		H/F	1,6	1,1	0,8	1,2
Муш-54-16	VI	F/L	4,8	3,2	4,4	4,1
		H/F	1,1	1,3	1,2	1,2
Муш-52-46	VII	F/L	1,2	1,2	2,6	1,4
		H/F	2,0	2,1	1,7	2,0
Мащ-40-19	VIII	F/L	1,8	1,9	1,6	1,7
		H/F	3,1	2,5	3,2	3,0
Муш-50-2	VIII	F/L	2,1	3,3	1,5	2,3
		H/F	1,7	1,5	3,0	1,9

Як відомо [39], шар L підстилки разом із сухими рештками трави та мохів і лишайників відносять до I групи ЛГМ, а шари F і H – до II групи ЛГМ. У сосняках Полісся маса ЛГМ II групи є на 65,6 % більшою, ніж I. Запаси лісової підстилки за групами ЛГМ у різних частинах насадження також різнилися. Найбільший запас було виявлено біля стовбура (залежно від віку та едатопу запас ЛГМ I групи коливався від 35 до 276 ц/га, II групи – від 141 до 879 ц/га), а найменший – у вільному між кронами просторі (запас ЛГМ I групи – від 10 до 216 ц/га; II групи – від 471 до 677 ц/га) (табл. 4.8)

Таблиця 4.8

**Розподіл запасу лісових горючих матеріалів у соснових насадженнях
за групами горимості, ц/га**

Л-во-кв.-вид.	ТЛУ	Клас віку	Розподіл за мікрозонами та групами горимості							
			Біля стовбура		На межі крони		У вільному між кронами просторі		Середнє	
			I	II	I	II	I	II	I	II
Мащ-49-2	B ₃	II	87	121	59	181	40	57	62	120
Мащ-49-5	B ₃	III	141	177	132	114	66	109	113	133
Муш-54-38	B ₃	IV	103	359	156	394	90	303	116	352
Мащ-66-7	B ₃	IV	96	398	155	297	125	305	125	333
Муш-52-49	B ₃	V	69	556	109	455	118	402	99	471
Муш-54-16	B ₃	VI	65	739	138	581	147	438	117	586
Муш-52-46	B ₃	VII	149	666	142	558	66	420	119	548
Мащ-48-5	B ₃	VII	113	645	40	620	0	402	51	556
Мащ-40-19	B ₃	VIII	122	858	146	678	110	589	126	708
Муш-50-2	B ₃	VIII	86	524	98	945	81	758	88	742

4.2 Температурні режими горіння підстилки соснових лісостанів

У виникненні та розвитку лісових пожеж важливу роль відіграє структура, запас, вологість підстилки та зміна температури горіння під час проходження фронту горіння.

Моноліти підстилки в повітряно-сухому стані з трофотону А. Із монолітів підстилки в повітряно-сухому стані два (ПП 1 і 2) були відібрані зі свіжого (А₂) і один (ПП 3) – із вологого (А₃) бору. Типову для монолітів ПП 1–3 зміну температури підстилки під час проходження фронту горіння, отриману під час дослідження моноліту ПП 2 (А₂), наведено на рис. 4.11.

Товщина підстилки монолітів із ПП 1, 2 (А₂) становила 4–5 см, а максимальна температура в шарах коливалася від 131 до 295°C. Найменшу температуру зафіксовано в нижньому шарі підстилки. У моноліті з ПП 1 максимальну температуру (від 265 до 295°C) відзначено в шарі F, а в моноліті з ПП 2 такий діапазон температур зафіксовано як у шарі L, так і в F.

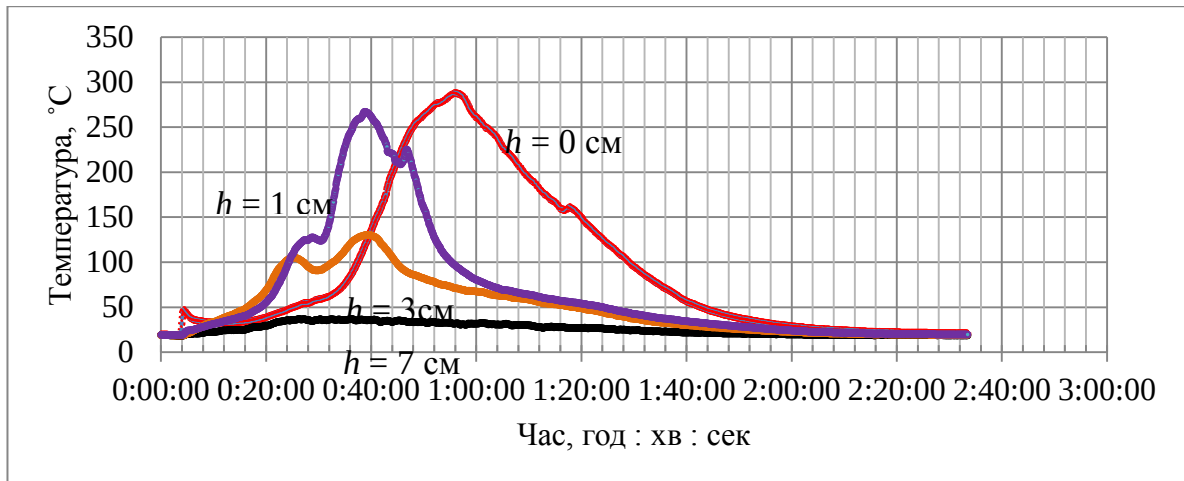


Рис. 4.11 Динаміка температури горіння повітряно-сухої підстилки (ПП 2, А₂; h – відстань до термопари від поверхні підстилки ($h = 0$))

Товщина підстилки третього моноліту (ПП 3) з вологого бору сягала 6,5 см. Максимальна температура в шарі 0–3 см була більшою, ніж у монолітів із А₂, і становила 320–370°C із максимумом у листопадному та гуміфікованому шарах, що пов’язане з більшим запасом підстилки.

Зважаючи на графіки (див. рис. 4.11) та візуальне спостереження за процесом горіння, можна відзначити такі загальні особливості горіння:

1. На поверхні монолітів ($h = 0$) на початку горіння температура не перевищувала 50°C, що пояснюється швидким переміщенням поверхневого фронту полум’я в напрямку до датчика температури. Це зумовлене невеликою густиною палива та добрим доступом кисню. Після проходження фронту полум’я температура на поверхні моноліту знижувалася. Зменшення вмісту кисню в заповненому попелом поверхневому шарі знижує температуру, але створює умови для безполум’яного горіння (тління).

Подальше повільне наростання температури зумовлене масовим потоком тепла від фронту тліючого горіння, що рухається з малою швидкістю як по поверхні, так і по перерізу моноліту. Для демонстрації описаного процесу на рис. 4.12 наведено фото зразка збоку, на якому видно межу проходження фронту тління.



Рис. 4.12 Межа проходження фронту тління підстилки (фото Ворона В. П., 09.09.2016, лабораторія пірології кафедри фізико-математичних дисциплін Національного університету цивільного захисту України)

2. Шари на глибині $h = 1 \div 2$ см, які здебільшого відповідають F шарам, мають більше мікрооб'ємів з киснем і є кращими провідниками парогазу, який утворюється під час тління. Тому зростання температури в цих шарах було більшим.

3. У міру збільшення глибини підстилки відбувається ущільнення паливного матеріалу та зменшення вмісту кисню в ньому. Тому зростання температури в цих шарах відбувається повільніше, ніж в описаних вище випадках, а температури горіння будуть нижчими.

Зауважимо, що криві температурних залежностей можуть містити декілька максимумів. Додаткові локальні максимуми зумовлені неоднорідністю підстилки, тобто нерівномірним розподілом лісового паливного матеріалу з різною теплотвірною здатністю.

Моноліти підстилки в повітряно-сухому стані з трофотону В були відібрані один (ПП 4) зі свіжого субору (B_2) та два (ПП 5–6) – із волого (B_3). Температура їхнього горіння була вищою, ніж монолітів із борів (рис. 4.13).

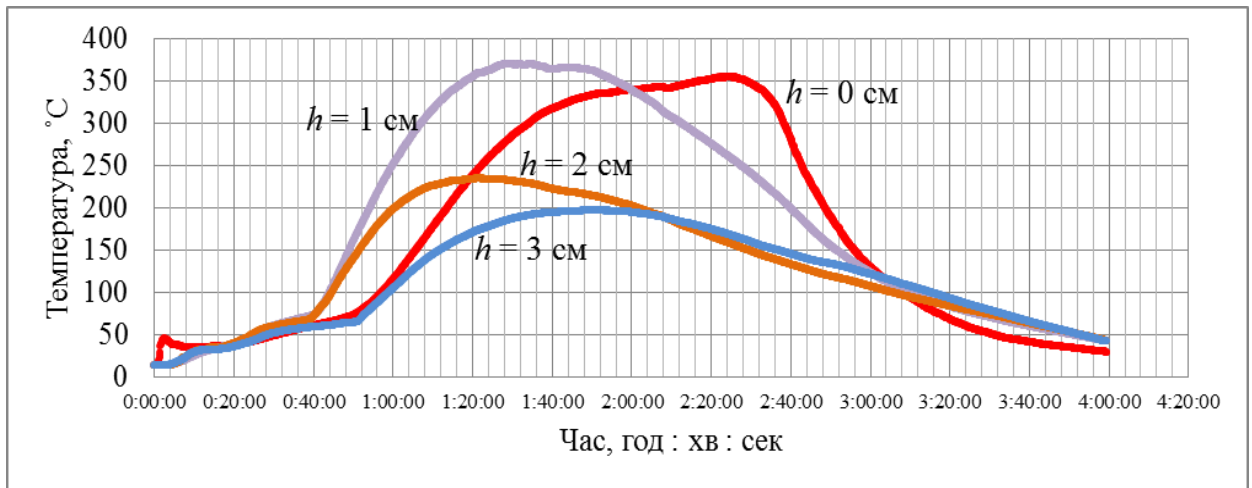


Рис. 4.13 Динаміка температури горіння повітряно-сухого моноліту підстилки зі свіжого субору (ПП4) (h – відстань до термопарі від поверхні підстилки ($h = 0$))

Діапазон температур горіння в цих зразках був різним. У моноліті ПП 4 (із B_2) максимальна температура перебувала в межах від 197 до 370°C, а в монолітах із B_3 – від 198 до 450°C (ПП 5) і від 302 до 502°C (ПП 6). Температура горіння зменшувалася вниз по профілю моноліту. Найнижчою вона була в шарі Н на глибині $h > 3$ см – 200–300°C, що пов'язане зі щільною структурою мортмаси та значною домішкою пилу й піску.

Максимальні значення температур горіння зареєстровано в середньому шарі (глибина 1–2 см) – 370–513°C. Для нього характерним є значний запас палива та розсипчаста, крихка, дірчаста структура, що сприяє доступу повітря й збільшенню температури горіння. Основні закономірності процесів, відзначені вище в пунктах 1–3 для монолітів із бору, є характерними й для підстилки із суборів. Різниця полягає в збільшенні температури максимумів (на 50–100°C), що є природним, оскільки підстилки в типі В мають більший запас паливного матеріалу.

Окрім цього, для підстилки із суборів характерною є значно менша швидкість горіння по всіх шарах, якщо порівняти з підстилкою з борів (табл. 4.9). Причиною такої різниці у швидкості є, очевидно, відмінність щільності паливного матеріалу лісових підстилок різних типів умов росту.

Таблиця 4.9

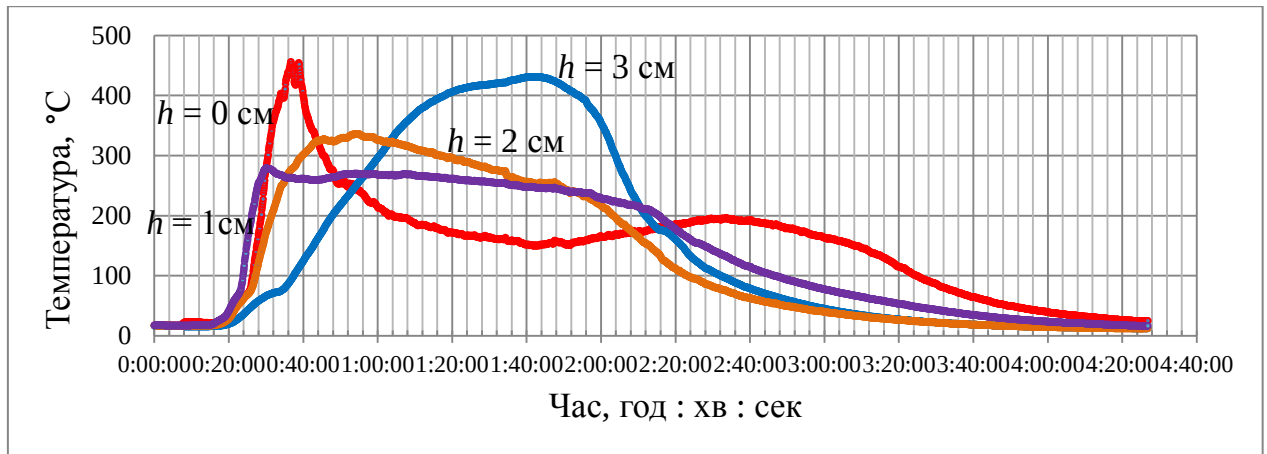
Середня швидкість руху фронту вогню під час горіння підстилки, м/год

Трофотоп	Глибина шарів зразка, см			
	0	1	2	3
А	Без вітру			
	0,119	0,132	0,109	0,075
	Швидкість вітру 1,0 м/с			
	0,153	0,199	0,110	0,090
В	Без вітру			
	0,075	0,047	0,052	0,050
	Швидкість вітру 1,5 м/с			
	0,242	0,129	0,106	0,075

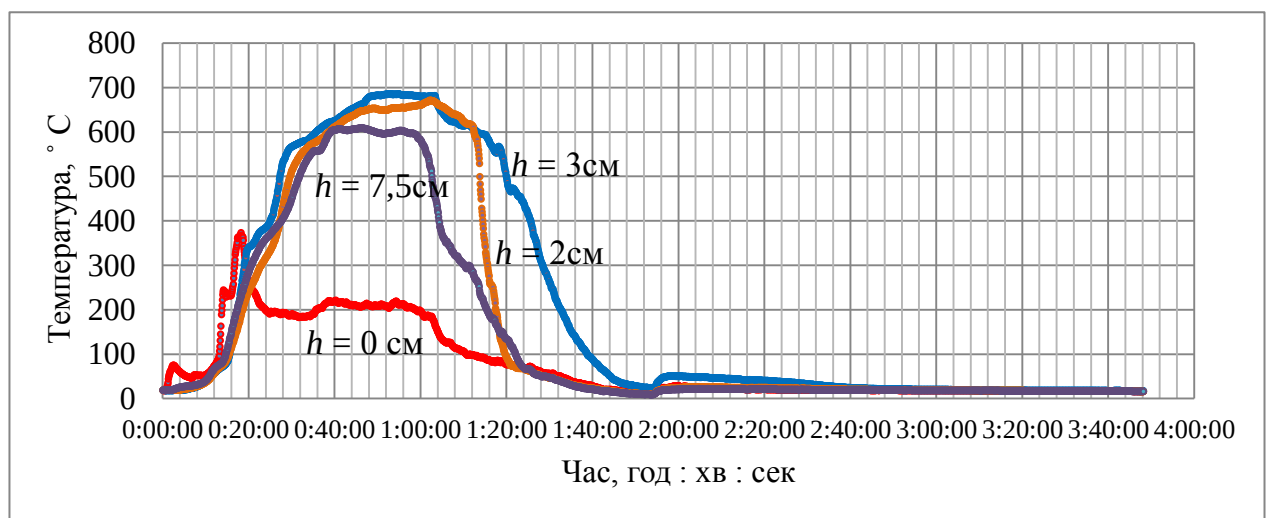
Моноліти абсолютно сухої підстилки. Температура горіння підстилки в монолітах в абсолютно-сухому стані значно зростає. Так, температура горіння підстилки в моноліті з ПП 7 з товщиною до 4 см коливалася від 333 до 655°C, а в моноліті з ПП 8 – від 347 до 525°C. Найнижчою була температура горіння у шарі Н – 333–347°C, а найвищою – у шарі F – 525–655°C.

Моноліти абсолютно сухої підстилки з імітацією вітру. Спалено моноліт (ПП 9) із А₁ (рис. 4.14, а) та два (ПП 10, 11) із В₃ (рис. 4.14, б).

Зростання швидкості повітряних потоків призводить до збільшення температури горіння підстилки, оскільки завдяки цьому в ній збільшується вміст кисню. Так, температура горіння підстилки із соснового насадження сухого бору (ПП 9) сягала 279–456°C (рис. 4.14, а). При цьому найвищі температури зареєстровано в листопадному та верхній частині гуміфікованого шару, відповідно 456 і 432°C. Ще вищі температури відзначено під час горіння абсолютно сухої підстилки з вологого субору (ПП 11, рис. 4.14, б). За товщини підстилки 7,5–8,0 см температура горіння мортмаси у ферментативному шарі сягала 686–703°C, а в листопадному й верхній частині гуміфікованого шару – 586°C. У нижній частині шару Н вона становила 270°C.



a



б

Рис. 4.14 Температури горіння монолітів з ПП 9, А₃ (а) за швидкості вітру 1 м/с і з ПП 11, В₃ (б) за швидкості вітру 1,5 м/с (h – відстань від поверхні підстилки ($h = 0$))

Наявність вітру призводить до збільшення максимумів температур (див. рис. 4.14). Але якщо до глибини 1 см температура підвищувалася на 10–50°C, то для глибших шарів вона сягала 200–250°C. Збільшення значень максимумів температури шарів зумовлене збільшенням притоку кисню до них. Невелике підвищення температури поверхневих шарів пояснюється посиленням конвективних потоків на поверхні за наявності вітру. Значне зростання температури глибинних шарів свідчить про незначну конвекцію та інтенсивне збагачення киснем.

4.3 Вплив теплового випромінювання на лісові ґрунти

Термальне пошкодження тканин корневих систем є особливо небезпечним для рослин [77], але його механізм вивчено недостатньо.

Дернові слаборозвинені піщані ґрунти. Експеримент із першим монолітом проведено 22 червня. Хоча на момент його відбору зафіксовано високу пожежну небезпеку за Нестеровим (ПН 6524 – IV КПН), вологість ґрунту була високою, оскільки з 11 до 20 червня випало 67 мм опадів.

Ґрунт до початку нагрівання мав температуру 25°C. Моноліт нагрівали впродовж 30 хвилин. На поверхні ґрунту (рис. 4.15) температура зростала до моменту припинення нагрівання й досягла 304°C. Після припинення нагрівання температура на поверхні ґрунту різко знизилась, а в нижніх шарах профілю вона й надалі зростала: на глибині 2 і 4 см – ще протягом 7–8 хвилин, на глибині 6 см – 16 хвилин, на глибині 10 см – 20 хвилин.

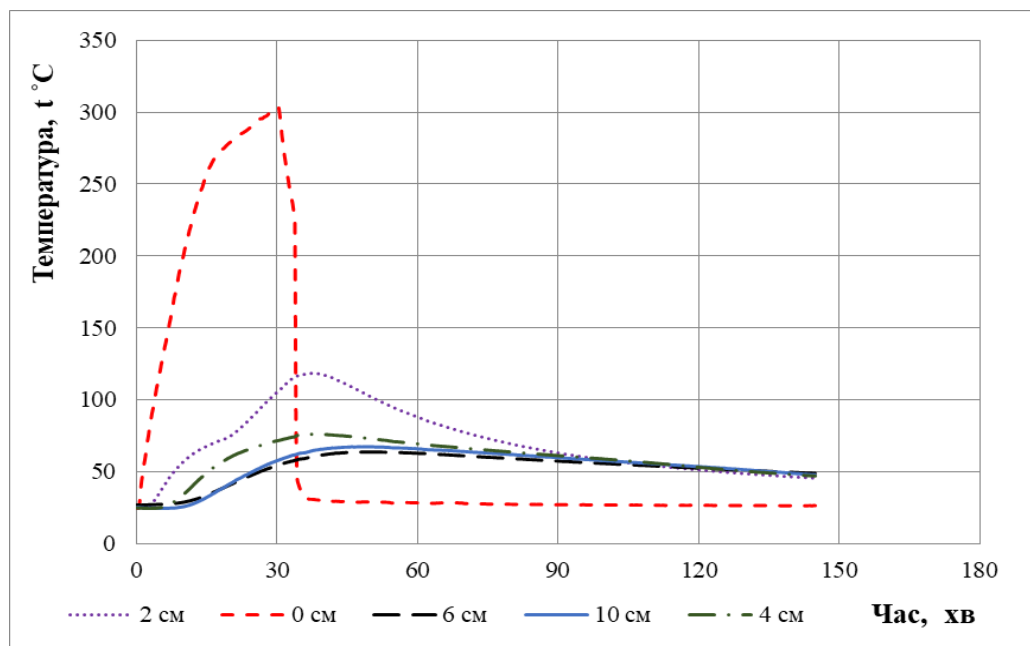


Рис. 4.15 Залежність температури вологого піщаного ґрунту на різних глибинах від часу нагрівання

Подібна тенденція до зміни температури існувала й на інших глибинах, але в міру заглиблення в ґрунт температура знижувалася. Так, на глибині 2 см температура сягнула максимуму в 118°C на 37-й хвилині, на глибині

4 см – 76°C на 38-й, на глибині 6 см – 67°C на 46-й, а на глибині 10 см максимум у 64°C було зафіксовано на 50-й хвилині. Різниця між максимальними температурами на глибині 2 см і на поверхні ґрунту становила 141°C, а на глибині 10 см – 171°C.

Суттєвість відмінностей змін температури ґрунту на різних глибинах доведено статистично ($F_f = 28,64$; $p = 0,01$). Сила впливу фактора за Снедекором $h^2 = 0,87$ свідчить, що розходження у швидкості нагрівання вологого піщаного ґрунту на 87 % визначалося глибиною заміру.

Щоб з'ясувати, середні яких груп дисперсійного комплексу розрізняються, застосовано тест Тьюки (Tukey HSD). Виявлено, що на рівні значущості $p = 0,05$ достовірно різнилися групи 0 см та 4, 6, 10 см. Групи 0 та 2 см достовірно не розрізнялися. Групи 4, 6 та 10 см між собою достовірно також не різнилися. Таким чином, середні температури ґрунту на глибині понад 4 см не розрізнялися, статистично значущі відмінності виявлено лише під час порівняння температури ґрунту на незначній глибині (0–2 см) із даними з глибших шарів ґрунту, що вказує на слабку теплопровідність вологого піщаного ґрунту.

Експеримент із другим монолітом із дернових слаборозвинених піщаних ґрунтів проведено 8 серпня. За період з 20 липня до 1 серпня випало лише 5 мм опадів. Температура ґрунту до початку нагрівання була 26°C. У момент відбору зафіксовано високий рівень комплексного показника пожежної небезпеки (ПН 7833 – IV КПН), а вологість повітря становила лише 42 %. Моноліт нагрівали впродовж 30 хвилин. Максимальна температура на поверхні ґрунту становила 375°C (рис. 4.16). Після припинення нагрівання вона ще трималась 25 хвилин, а далі почала швидко падати. На глибині 2 см максимальну температуру в 314°C зафіксовано на 50-й хвилині, на глибині 4 см максимум у 185°C – на 70-й хвилині, на глибині 6 см – 120°C на 90-й хвилині, на глибині 10 см максимум 67°C – на 120-й хвилині від початку експерименту.

Суттєвість відмінностей змін температури ґрунту на різних глибинах сухого піщаного ґрунту доведено статистично ($F_f = 745,9$; $p = 0,01$). Сила впливу фактора за Снедекором $h^2 = 0,99$ свідчить, що розходження у швидкості нагрівання сухого піщаного ґрунту визначалося глибиною заміру на 99 %. Тестом Тьюки (Tukey HSD) виявлено, що на рівні значущості $p = 0,05$ всі групи достовірно розрізнялися, тобто середні температури ґрунту на всіх глибинах впродовж експерименту різнилися, і такі відмінності були статистично значущими. Це вказує на значно більшу теплопровідність сухого піщаного ґрунту, якщо порівняти з вологим.

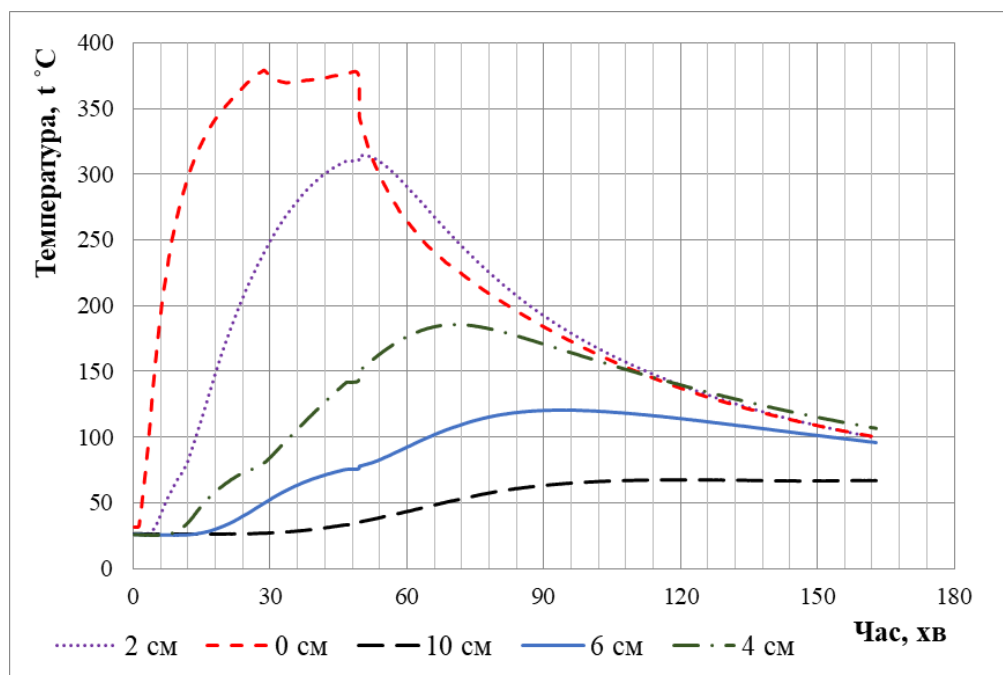


Рис. 4.16 Залежність температури сухого піщаного ґрунту на різних глибинах від часу нагрівання

В обох випадках після припинення нагрівання впродовж 2 годин спостерігали поширення тепла вглиб профілю. Проте процеси теплообміну, якщо порівняти з першим монолітом, були більш тривалими й відзначалися вищою температурою. Зокрема, хоча різниця між температурою на глибині 10 см і на поверхні ґрунту перевищувала 300°C , було досягнуто температури 67°C , яка є летальною для тканин камбію корневих систем.

Сірі лісові ґрунти. Експеримент із першим монолітом із сірого лісового ґрунту проведено 4 липня. Період до відбору монолітів відзначався сильними зливами, з 20.06 до 01.07 випало 96 мм опадів.

Температура ґрунту до початку тепловипромінювання становила 24°C. Моноліт нагрівали впродовж 40 хвилин. Температура на поверхні ґрунту досягла максимуму в 302°C (рис. 4.17). Після припинення нагрівання температура на поверхні ґрунту через 30 хвилин знизилася до 150°C, а ще через годину становила 60°C. Практично синхронно нагрівався ґрунт на глибині 1 см, але максимум температури становив 280°C.

Дещо іншими були зміни температури на більшій глибині моноліту. Так, на глибині 5 см температура досягла максимуму 70°C після 53 хвилин від початку нагрівання (на 15-й хвилині після вимкнення нагрівання), на глибині 10 см максимум у 42°C зафіксовано лише через 1,5 години (через годину після вимкнення джерела теплового випромінювання), на глибині 15 см максимум у 40°C спостерігали через 2 години 40 хвилин (через 2 години після нагрівання).

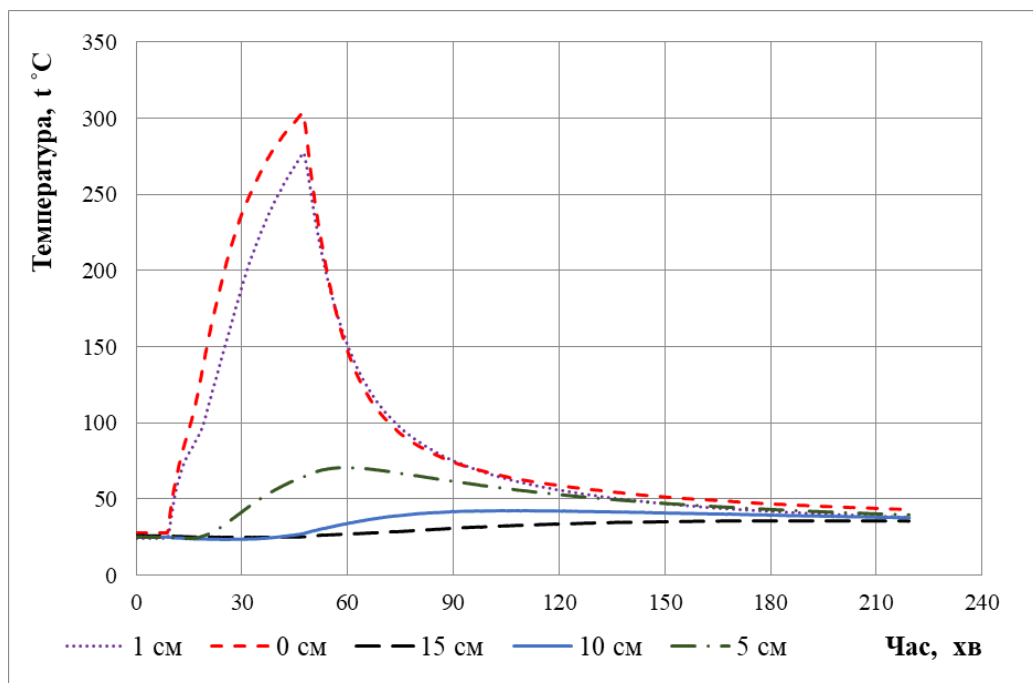


Рис.4.17 Залежність температури вологого сірого лісового ґрунту на різних глибинах від часу нагрівання

Відмінності зміни температури на різних глибинах сірого лісового ґрунту є статистично достовірними ($F_f = 984,2$; $p = 0,01$; $h^2 = 0,99$). Тестом Тьюки (Tukey HSD) виявлено, що на рівні значущості $p = 0,05$ достовірно різнилися групи «поверхня ґрунту», 2 см, та 10 см, групи 4 та 6 см достовірно не розрізнялися між собою.

Експеримент із другим монолітом із сірих ґрунтів проведено 22 вересня. За період з 1 до 20 вересня випало лише 4 мм опадів. Комплексний показник ПН становив 10223, клас пожежної небезпеки був найвищим – V.

Температура ґрунту до початку нагрівання становила 17°C. Максимум температури на поверхні ґрунту – 450°C – було зафіксовано через 1,5 години нагрівання (рис. 4.18). Після припинення нагрівання температура почала стрімко знижуватися і на 2-й годині від початку експерименту становила 150°C, а ще через 30 хвилин – 100°C.

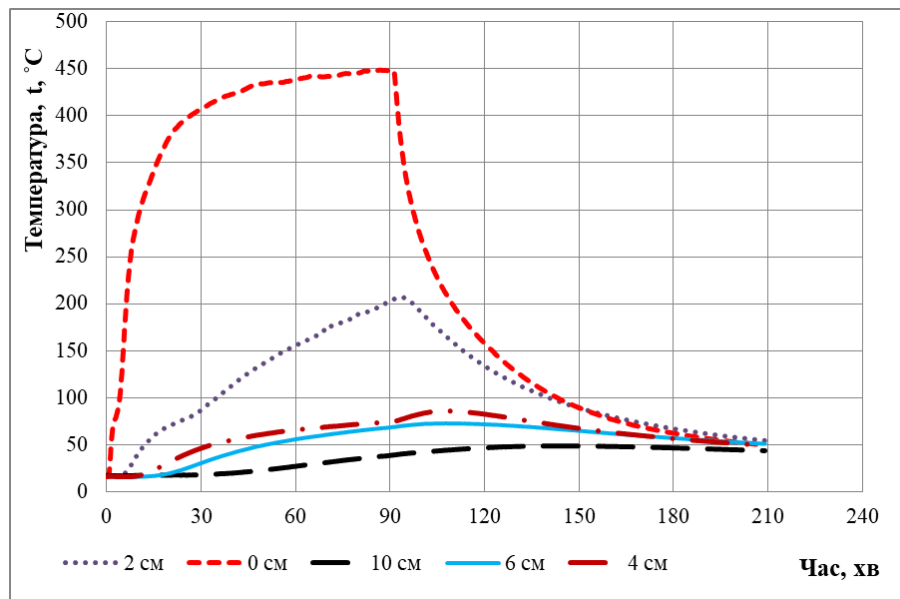


Рис. 4.18 Залежність температури сухого сірого лісового ґрунту на різних глибинах від часу нагрівання

Температура на глибині 2 см почала зростати через 5 хвилин від початку нагріву й досягла максимуму у 200°C. Зниження почалося практично відразу після припинення нагрівання. Майже синхронно відбувалася зміна

температури на глибині 4 і 6 см. Максимум у 80°C зафіксовано через 10 хвилин після припинення нагрівання. Що стосується глибини 10 см, то зростання температури розпочалося на 20-й хвилині від початку нагрівання й тривало впродовж усього експерименту, досягнувши рівня 50°C.

Відмінності зміни температури на різних глибинах сірого лісового ґрунту були статистично достовірними ($F_f = 364,5$; $p = 0,01$; $h^2 = 0,98$). Тестом Тьюки (Tukey HSD) виявлено, що на рівні значущості $p = 0,05$ достовірно різнилися групи «поверхня ґрунту», 2 см, та 4 см; групи 6 та 10 см достовірно не розрізнялися між собою.

Слід відзначити особливість температурного режиму ґрунтів, яка була найбільш помітною на глибинах 10–15 см. Так, з початком нагрівання впродовж нетривалого часу відбувалося невелике охолодження глибинних шарів (рис. 4.19). Очевидно, цей ефект зумовлений випаровуванням під дією тепла, що призводить до незначного зменшення температури глибинних шарів. Із проникненням тепла вглиб температура відновлюється до початкової, а потім починається нагрівання глибинного шару із запізненням відносно часу початку теплового опромінювання. Приклад цього ефекту для сірого лісового ґрунту можна спостерігати для глибини 10 см (див. рис. 4.17), де відбувалось охолодження на 1,5°C відносно початкової температури, а збільшення температури відносно початкової розпочалося лише через 40 хвилин після початку нагрівання поверхні. На глибині 15 см відбувалось охолодження на 1,2°C, а збільшення температури відносно початкової розпочалося лише через 51 хвилину після початку нагрівання поверхні. Ефект охолодження був менш помітним на піщаних ґрунтах. Певно, цей процес має місце завжди, але його внесок у теплопередачу в різних умовах різниться, і його слід оцінювати за передаванням тепла за рахунок теплопровідності.

Залежно від типу ґрунту всі варіанти можна розділити на вологі й сухі. Температури у вологих варіантах були значно нижчими. Наприклад, у сухому варіанті дернових слаборозвинених піщаних ґрунтів температура

поверхні ґрунту була на 70°C вищою, ніж у вологому (378°C проти 304°C). Ще більшою ця різниця була в сірих лісових ґрунтах – 200°C .

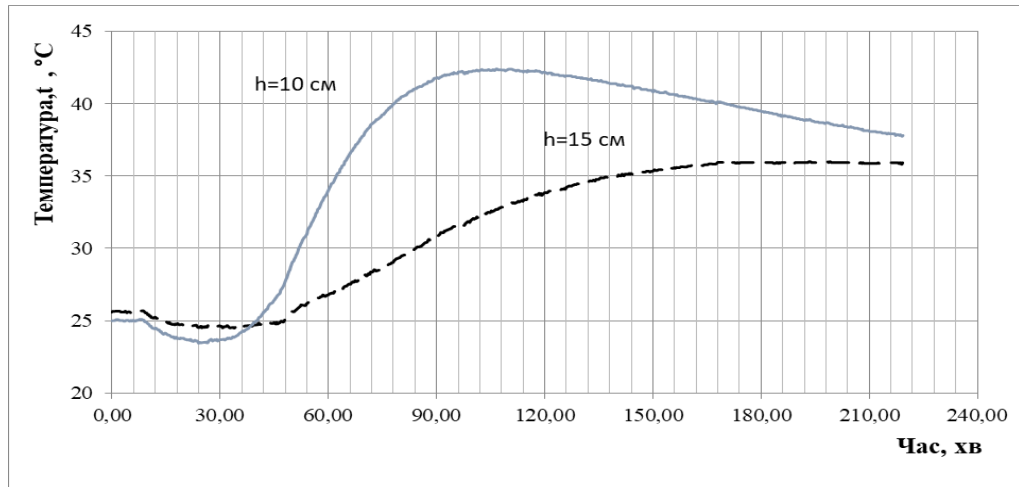


Рис. 4.19 Залежність температури сірого лісового ґрунту на глибині 10 і 15 см від часу нагрівання

Нагрівання сухих дернових слаборозвинених піщаних ґрунтів углиб профілю відбувається сильніше, ніж вологих. Наприклад, якщо в сухих ґрунтах на глибині 4 см температура сягала 186°C , то у вологих лише 76°C ; на глибині 6 см температура в сухих ґрунтах була 120°C проти 67°C у вологих. У сірих лісових ґрунтах ця тенденція була не такою виразною.

Слід зауважити, що піщані ґрунти прогрівалися сильніше, ніж суглинисті. У піщаних ґрунтах на глибині 10 см температура становила $63\text{--}67^{\circ}\text{C}$, у суглинистих – $42\text{--}49^{\circ}\text{C}$. Тобто рівень нагріву в першому випадку був летальним, а в другому – лімітувальним.

4.4 Пірогенні зміни хімізму ґрунтів соснових насаджень

Унаслідок лісових пожеж відбувається часткове або повне згорання підстилки. Температура горіння підстилки зі свіжого бору в повітряно-сухому стані може сягати 295°C , в абсолютно сухому – 655°C [49].

Згідно з нашими дослідженнями реакція попелу підстилки, спаленої під час експерименту, була сильно лужною: показник рН коливався від 7,71 до 8,69 (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

pH попелу підстилки в соснових насадженнях Волинського Полісся

Місце відбору: Лісництво, кв., вид.	ТЛУ	pH водного витягу
Дубнівське, кв. 56, вид. 1	A ₁	8,66
Біловізьке, кв. 54, вид. 3	A ₃	8,16
Мушнянське, кв. 52, вид. 33	B ₂	7,85
Мушнянське, кв. 50, вид. 7,	B ₂	8,01
Мушнянське, кв. 52, вид. 33	B ₂	7,71
Дубнівське, кв. 64, вид. 14	B ₃	8,60
Біловізьке, кв. 46, вид. 6	B ₃	8,69

Подібне значення pH водного витягу (8,63) виявлено у попелі підстилки, зібраному під час пожежі в Рокитнянському лісництві, кв. 54, вид. 27 у 2015 р. Реакція верхнього гумусового горизонту дернових опідзолених ґрунтів на алювіальних пісках була сильно кислою (табл. 4.11). Значення pH водного витягу коливалося від 3,58 до 3,85. Надходження лужного попелу в ґрунт призводило до певного підлугування, і значення pH зростало до 4,35–4,50, тобто реакція розчину ставала кислою. Щоправда, така ситуація зберігалася протягом незначного періоду. Якщо перепадали дощі, то вже через тиждень значення pH водного витягу знижувалося до 4,00–4,20, а через місяць – до 3,9. Надалі (через рік-два) у соснових насадженнях, які зазнали лісових пожеж, підкислення ґрунтів перевищувало природний рівень.

Той факт, що пірогенна трансформація підстилок супроводжується зміною кислотності поверхневих горизонтів ґрунту, відзначали й інші дослідники. Так, Ю. Н. Краснощеков [118] встановив, що реакція водного витягу ґрунтів Байкальської природної території змінюється від кислої до слаболужної. В умовах Північного Степу через місяць після пожежі у верхньому шарі ґрунту (0–2 см) реакція водного витягу також змінюється від кислої до слабо лужної [166]. Водночас помічене нами в Поліссі підлугування ґрунту є значно меншим. Очевидно, причиною цього є сильноокисла реакція досліджуваних ґрунтів.

Таблиця 4.11

**Вміст іонів у водному витягу верхнього гумусового горизонту ґрунтів
соснових насаджень, пошкоджених пожежами**

Період після пожежі	pH	Катіони					Аніони				Катіони +Аніони
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сума	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	Сума	
1 день	8,63	1,01	7,4	48,6	13,8	70,81	5,40	3,00	0,025	8,42	79,24
1 день	4,50	45	133	805	350	1378	240	320	12	572	1950
1 день	4,35	31	123	750	250	1154	190	380	12	582	1736
1 день	4,40	34	134	700	290	1158	180	360	8	548	1706
7 днів	4,20	20	33	180	110	343	150	250	11	411	754
8 днів	4,00	18	36	250	160	464	160	270	2	432	896
1 місяць	3,90	17	39	170	170	396	140	180	2	322	718
1 рік	3,35	18	35	250	110	413	120	210	2	332	745
2 роки	3,35	10	28	150	20	208	200	150	4	354	562
Контроль	3,80	12	29	130	60	231	140	150	3	293	524
Контроль	3,68	12	29	190	80	311	140	180	2	322	633
Контроль	3,58	11	25	180	50	266	160	160	2	322	588
Контроль	3,66	12	17	100	50	179	140	200	2	342	521

Згадані вище та інші автори відзначали поступове зменшення підлуговування верхнього гумусового горизонту. Сильне підлуговування ґрунтів зафіксовано під час аеротехногенного забруднення довкілля викидами цементних виробництв [45]. Інтенсивність підлуговування ґрунтів залежить від рівня викидів. Причиною підлуговування є аномальне накопичення лужних металів, насамперед кальцію. У разі зменшення об'єму викидів підлуговування ґрунтів знижується, але в зоні сильної седиментації аномальне підлуговування не зникає навіть через багато років після зниження викидів.

Причиною пірогенних змін кислотності є також високий уміст у попелі лужних металів (див. табл. 4.11). У водному витягу із 79,2 мг-екв/100 г іонів 89,4 % становлять саме лужні катіони, але при цьому серед них домінують іони кальцію – 68,6 %, на магній припадає майже 20 %. Частка натрію становить 10,5 %, калію – менше ніж 1,1 %.

Сума лужних катіонів у водному витягу з верхнього горизонту

коливалася від 179 до $311 \cdot 10^{-3}$ мг-екв/100 г ґрунту. Відразу після пожежі сума лужних катіонів зростала в 3,7–7,7 разу. Але уже через тиждень цей показник суттєво знизився у 2,9–3,8 разу. Таке зниження відбувалося після дощів. Надалі сума лужних катіонів поступово зменшувалася й наближалася до рівня контролю. За вмістом катіони розташовувалися в такому порядку: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+} > \text{K}^{+}$. Але якщо вміст катіонів кальцію зростав у 3,7–8,0 разу, магнію – у 5,8–7,0 разу, натрію – у 4,6–7,9 разу, то калію – лише у 2,8–3,0 разу.

Як бачимо, надходження лужного попелу до ґрунту призводить до зростання вмісту лужних катіонів у водному витягу. Схожа ситуація спостерігається із обмінними катіонами, які пов'язані вбирним колоїдним комплексом ґрунту. У досліджуваних ґрунтах сума увібраних катіонів, або сума увібраних основ, є дуже низькою – меншою ніж 5,0. Після надходження попелу до ґрунту значення місткості катіонного обміну зростає проти контролю у 2,0–2,3 разу і відповідає низькому рівню. Але вже за тиждень воно знову падає до рівня 4,81–5,47 мг-екв/100 г ґрунту. Такий рівень утримується й надалі. Хоча це є дещо вищим, ніж на контролі, проте відповідає дуже низькому рівню. Уміст обмінного кальцію на контролі (2,0–2,25 мг-екв/100 г ґрунту) відповідає дуже низькому рівню, а вміст магнію (1,43–1,63 мг-екв/100 г ґрунту) – середньому рівню. Відразу після пожежі вміст обмінного кальцію зріс проти контролю у 2,1–2,5 разу, а магнію – в 1,9–2,4 разу, що відповідає середньому й високому рівню відповідно. Проте, як і у випадку з водним витягом, уміст обмінних катіонів практично відразу почав знижуватися. Значно меншими були коливання вмісту обмінних калію й натрію. Дуже важливим є співвідношення у ґрунтовому колоїдному вбирному комплексі між обмінними катіонами H^{+} і Al^{3+} та Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} (табл. 4.12). Перші характеризують потенціальну (гідролітичну) кислотність ґрунту, інші – місткість катіонного обміну, або суму увібраних основ. Поряд зі зростанням умісту лужних катіонів відбувається зменшення вмісту катіонів H^{+} і Al^{3+} , тобто гідролітичної

кислотності. Після пожежі вона знижується до 5,69–5,91 мг-екв/100 г ґрунту, в той час як на контролі коливається від 8,03 до 10,05 мг-екв/100 г ґрунту.

Таблиця 4.12

Вміст обмінних катіонів у верхньому гумусовому горизонті ґрунтів соснових насаджень, пошкоджених пожежами, мг-екв/100г ґрунту

Період після пожежі	Гідролітична кислотність	Обмінні катіони					Сума поглинання	% насичення основами
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сума		
1 день	0	55,01	1,45	1087,5	341,3	1485,26	1485,26	100,00
1 день	130,6	1,19	0,71	87,5	143,8	233,20	363,80	64,10
1 день	5,91	0,20	0,48	37,5	53,75	91,93	97,84	93,96
1 день	8,97	0,21	0,55	25,0	20,0	45,76	54,73	83,61
7 днів	3,94	0,19	0,28	25,0	21,25	46,72	50,66	92,22
8 днів	6,34	0,18	0,40	20,25	18,75	39,58	45,92	86,19
1 місяць	4,59	0,18	0,65	20,25	16,25	37,33	41,92	89,05
1 рік	24,28	0,18	0,45	22,5	15,0	38,13	62,41	61,10
2 рік	7,44	0,19	0,45	22,5	16,25	39,39	46,83	84,11
Контроль	5,03	0,14	0,39	20,25	16,25	37,03	42,06	88,04
Контроль	8,97	0,16	0,38	21,25	15,0	36,79	45,76	80,40
Контроль	15,75	0,13	0,58	20,0	16,25	36,96	52,71	70,12
Контроль	5,69	0,13	0,39	20,0	17,5	38,02	43,71	86,98
Контроль	10,5	0,14	0,38	22,5	16,25	39,27	49,77	78,90

Водночас, якщо після пожежі з часом уміст обмінних лужних катіонів знижується практично до рівня контролю, то гідролітична кислотність навіть через два роки після пожежі є меншою, ніж на контролі.

Сума поглинання у непошкоджених вогнем ґрунтах коливається від 12,12 до 14,50 мг-екв/100 г ґрунту. Після пожежі за рахунок лужних катіонів вона зростає до 13,3–15,7 мг-екв/100 г ґрунту. Зі збільшенням періоду після пожежі об'єм поглинання зменшується.

Висновки до розділу

1. У соснових лісах Полісся накопичуються значні запаси підстилки (від 117 до 862 ц/га), що в разі посух відіграє ключову роль у виникненні та розвитку пожеж.

2. Зі зростанням віку сосняків збільшуються як запаси, так і щільність підстилки. При цьому зростання запасів збільшує тривалість і температуру горіння, а збільшення щільності вповільнює швидкість горіння.

3. У лісостані запаси підстилки були найменшими у вільному від крон просторі та зростали у міру наближення до стовбура. До 50–60 років максимальне значення об'ємної ваги виявлено на межі крони, а в старших сосняках – навпаки, біля стовбура.

4. Найменшою (від 25 до 128 ц/га) маса мортмаси була у верхньому опадовому, а найбільшою (від 205 до 554 ц/га) – у нижньому гуміфікованому шарі. Маса всіх шарів підстилки збільшувалася з віком сосняків і зменшувалася в міру віддалення від стовбура.

5. Щільність підстилки залежить від складу мортмаси. Через зростання частки безструктурної мортмаси структура углиб профілю підстилки стає менш пухкою. Зменшення її пористості призводить до зменшення доступу повітря до нижніх шарів підстилки, що збільшує тривалість її горіння.

6. Найщільнішим є гуміфікований шар, що складається зі щільно спресованої однорідної, часто порошкоподібної маси зі значним умістом піску (до 19,5 %). Горіння мортмаси цього горизонту, зазвичай густо пронизаного корінням, часто триває без полум'я впродовж значного періоду часу, що збільшує негативний вплив на розвиток сосняків.

7. Упродовж онтогенезу соснових лісостанів співвідношення запасів підстилки між шарами суттєво змінюється. До 40 років у насадженнях частки шарів L і F є майже рівними, а частка нижнього шару Н є незначною або зовсім відсутньою. Після 50 років частки F і Н різко збільшуються, що в умовах посухи становить надзвичайну загрозу.

8. У сосняках Полісся запас ЛГМ II групи за горимістю (шари F, Н підстилки) є значно більшим за запас ЛГМ I групи (шар L та трав'яний покрив).

9. У повітряно-сухих монолітах підстилки зі свіжого бору максимальна температура від нижніх до верхніх шарів змінювалася в

інтервалі 131–295°C. Температура та швидкість горіння підстилки зростали у разі її висихання до абсолютно сухого стану та за умови посилення повітряних потоків.

10. Нагрівання ґрунтів має поверхневий характер. Різниця між температурою на поверхні та на глибині 10 см для дернових слаборозвинених піщаних ґрунтів може становити 240–300°C, для сірих лісових ґрунтів – 260–400°C.

11. Нагрівання сухих ґрунтів углиб профілю відбувається сильніше, ніж вологих. Зокрема, у сухих ґрунтах на глибині 4 см відзначали температуру 186°C, тоді як у вологих – лише 76°C.

12. Піщані ґрунти прогріваються сильніше й глибше, ніж суглинисті. На глибині 10 см температура піщаних ґрунтів становила 63–67°C, тоді як суглинистих – 42–49°C.

13. Після згорання підстилки реакція попелу ставала сильно лужною: значення рН коливалося від 7,71 до 8,69. При цьому верхній шар гумусового горизонту дернових опідзолених ґрунтів підлуговувався, а значення рН водного витягу зростало від 3,58–3,85 до 4,35–4,50.

14. Причиною пірогенних змін кислотності є високий уміст у попелі лужних металів. Відразу після пожежі сума лужних катіонів у водному витягу проти контролю зростає в 3,7–7,7 разу, а місткість катіонного обміну – у 2,0–2,3 разу. Проте в таких кислих ґрунтах це явище має тимчасовий характер, оскільки лужні катіони досить швидко вимиваються опадами.

Результати досліджень, представлені у цьому розділі, висвітлено в публікаціях [48, 49, 66, 74].

РОЗДІЛ 5

ОСОБЛИВОСТІ ПІСЛЯПОЖЕЖНОГО РОЗВИТКУ СОСНЯКІВ У ВОЛИНСЬКОМУ ПОЛІССІ

5.1 Особливості пошкодження сосняків у «мокрі» та «нормальні» роки

5.1.1 Пошкодження стовбура тепловипромінюванням

У 2011–2014 рр. під час низових пожеж у сосняках домінувало пошкодження стовбура. Сосняки, в яких закладено ППП, були різними за віком (30–80 років), ТЛУ, величиною пошкодження; пожежі в них сталися в різний час (табл. К.1).

Середня висота нагару в пошкоджених сосняках коливалася від 0,3 до 3,6 м (табл. 5.1, 5.2).

За індексом стану сосняки належали до ослаблених, сильно ослаблених та всихаючих деревостанів, а одне насадження – до сухостійних (див. табл. 5.1, 5.2).

Таблиця 5.1

Розподіл дерев у пошкоджених низовими пожежами сосняках свіжого бору та субору за категоріями стану

Середня висота нагару, м	Період після пожежі, місяців	Розподіл за категоріями санітарного стану, %						I _c
		I	II	III	IV	V	VI	
Свіжий бір								
0,9	3	3	59	22	9	3	3	2,6
2,2	3	0	0	19	56	25	0	3,9
2,5	3	0	0	6	81	13	0	4,1
1,5	12	0	2	67	4	9	17	3,7
1,6	12	0	7	34	4	3	51	4,6
1,7	12	0	23	38	15	0	24	3,6
2,1	12	0	0	29	24	21	26	4,4
2,4	12	0	0	17	39	38	6	4,3
2,6	12	0	0	0	0	15	85	5,9
2,7	12	0	13	28	4	16	40	4,4
1,3	24	0	3	42	6	28	21	4,2
1,4	24	0	1	20	53	6	20	4,2
1,4	24	0	23	67	4	3	3	2,9
Свіжий субір								
0,5	4	0	3	28	0	42	28	4,6
0,6	2	7	77	10	0	0	0	2,2

Середня висота нагару, м	Період після пожежі, місяців	Розподіл за категоріями санітарного стану, %						I _c
		I	II	III	IV	V	VI	
0,8	4	0	9	58	3	30	0	3,5
1,0	2	0	50	20	3	3	0	2,6
1,2	2	0	13	53	27	5	2	3,3
2,3	2	0	1	19	18	61	0	4,4
3,8	2	0	0	0	37	73	0	4,6
4,0	2	0	0	0	18	82	0	4,8

Виявлено тісний достовірний прямий кореляційний зв'язок ($r = 0,81$) стану дерев із висотою нагару (рис. 5.1) і дуже тісний достовірний зв'язок ($r = 0,91$) із величиною опіку тонкої кори.

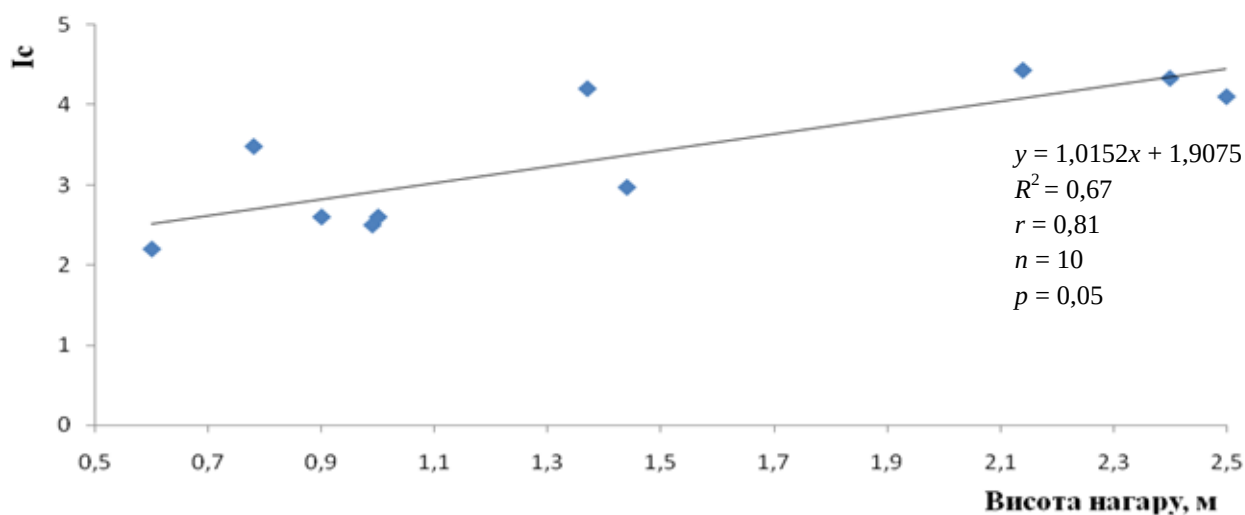


Рис.5.1 Залежність між санітарним станом і висотою нагару в сосняках у сухих і свіжих гігروتпах

Таблиця 5.2

Розподіл дерев у пошкоджених сосняках вологого субору за категоріями санітарного стану

Середня висота нагару, м	Період після пожежі, місяців	Розподіл за категоріями стану, %						I _c
		I	II	III	IV	V	VI	
Вологий субір								
0,9	4	1	25	70	3	0	1	2,8
1,1	4	0	15	85	0	0	0	2,9
1,2	4	0	31	69	0	0	0	2,7
1,3	4	0	21	71	4	3	3	2,9
1,4	4	0	25	62	8	4	1	2,9
2,4	4	0	0	19	62	20	0	4,0
0,9	12	0	55	43	2	0	0	2,5
1,0	16	0	6	28	10	18	38	4,5

Середня висота нагару, м	Період після пожежі, місяців	Розподіл за категоріями стану, %						I _c
		I	II	III	IV	V	VI	
1,0	16	0	20	35	5	28	10	3,7
1,3	12	0	8	51	4	35	3	3,7
1,3	14	0	38	46	10	5	2	2,8
1,3	14	2	39	42	8	5	5	2,9
1,3	14	2	46	44	2	0	6	2,7
1,3	16	1	26	45	8	14	6	3,3
1,4	14	0	8	25	36	11	20	4,1
1,4	16	0	6	35	12	38	10	4,1
1,6	16	0	41	42	5	1	11	3,0
1,8	12	0	1	47	9	28	15	4,1
2,1	14	0	15	17	13	48	7	4,2
1,9	24	0	4	25	5	4	62	4,9
2,0	24	0	11	37	8	34	9	3,9

Коефіцієнт детермінації цієї моделі $r = 0,81$ вказує на те, що на зміну стану у 67 % випадків впливає саме величина пошкодження стовбура, визначена через висоту опіку тонкої кори. У вологих гігротопах кореляційна залежність є слабшою (рис. 5.2). Величина коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,28$ вказує на те, що лише в 28 % випадків збільшення висоти нагару впливає на стан дерев. Зважаючи на це, для прогнозування пірогенних змін стану сосняків у вологих гігротопах (табл. 5.3) недостатньо спиратися лише на значення висоти нагару на стовбурах та відносного опіку тонкої кори, оскільки в таких умовах домінує пошкодження кореневої системи.

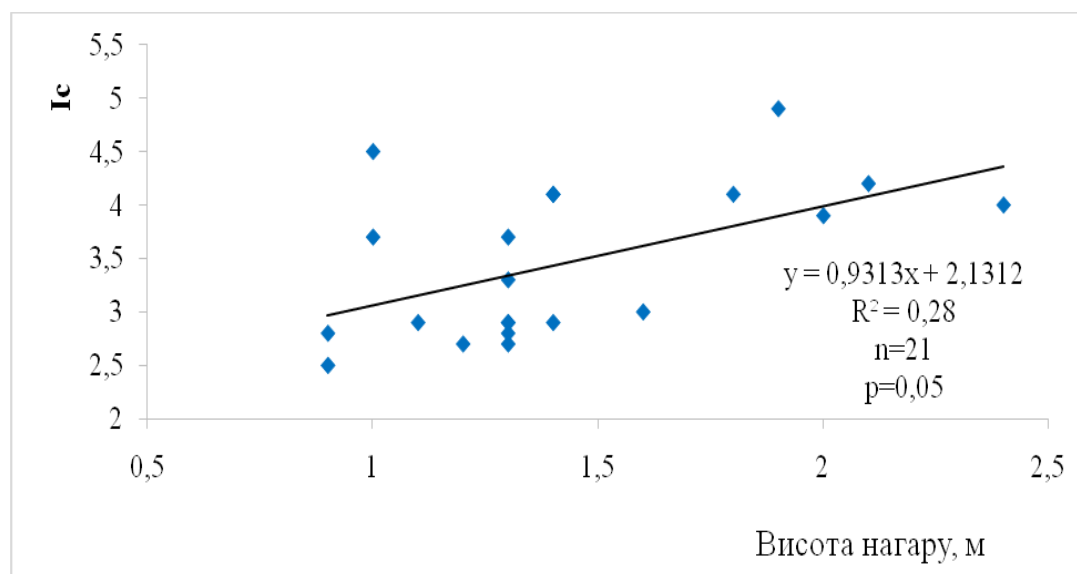


Рис.5.2 Залежність між санітарним станом і висотою нагару в сосняках у вологих гігротопах

Найбільшою була кількість сухостійних дерев у сосняках із періодом після пожежі від одного року. У насадженнях із тривалістю періоду після пожежі 3–5 місяців більшість дерев належали до категорії ослаблених і сильно ослаблених (див. табл. 5.1). Між тривалістю періоду після пожежі й часткою сухою встановлено помірну достовірну кореляційну залежність ($r = 0,62$; $n = 25$; $p = 0,05$) (рис. 5.3), у 38 % випадків частка сухостійних дерев визначалася тривалістю періоду після пожежі.

Таблиця 5.3

Коефіцієнти кореляції між санітарним станом насаджень і висотою нагару на стовбурі у вологих гігротопах

Період після пожежі, років	Висота нагару	Відносний опік тонкої кори
до 1	0,54	0,28
1	-0,13	-1,19
2	-0,32	0,60

У вологих і сирих гігротопах найбільшу частку відпаду зареєстровано в сосняках з періодом після пожежі більше ніж рік (рис. 5.4). Найбільший відпад у сосняках сухих і свіжих гігротопів відзначено в рік пожежі (до 20,4 %). У сосняках, що ростуть у свіжих гігротопах, частка сухою збільшувалася пропорційно тривалості періоду після пожежі і через 2 роки сягала 48,7 %.

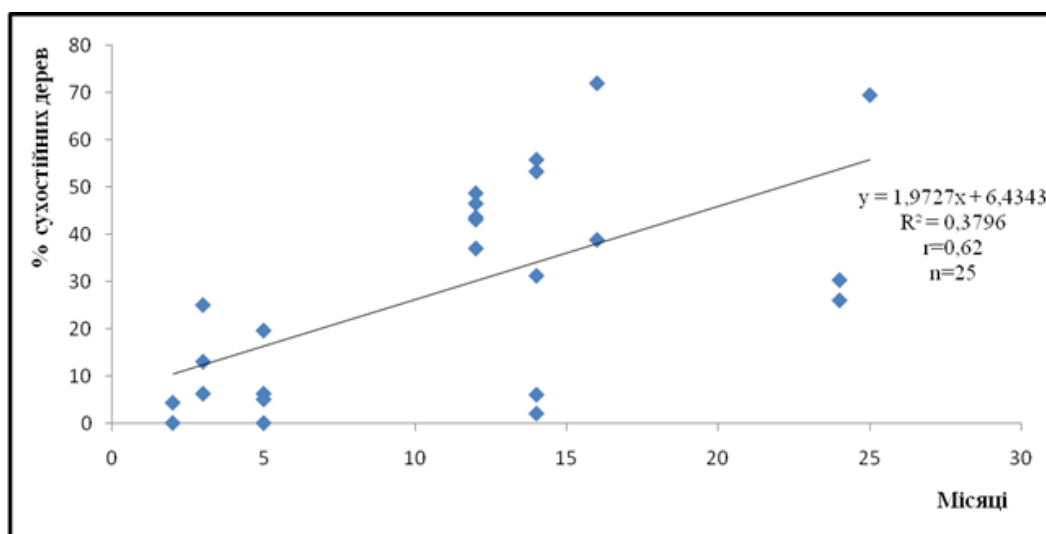


Рис. 5.3 Залежність величини відпаду від тривалості періоду після пожежі

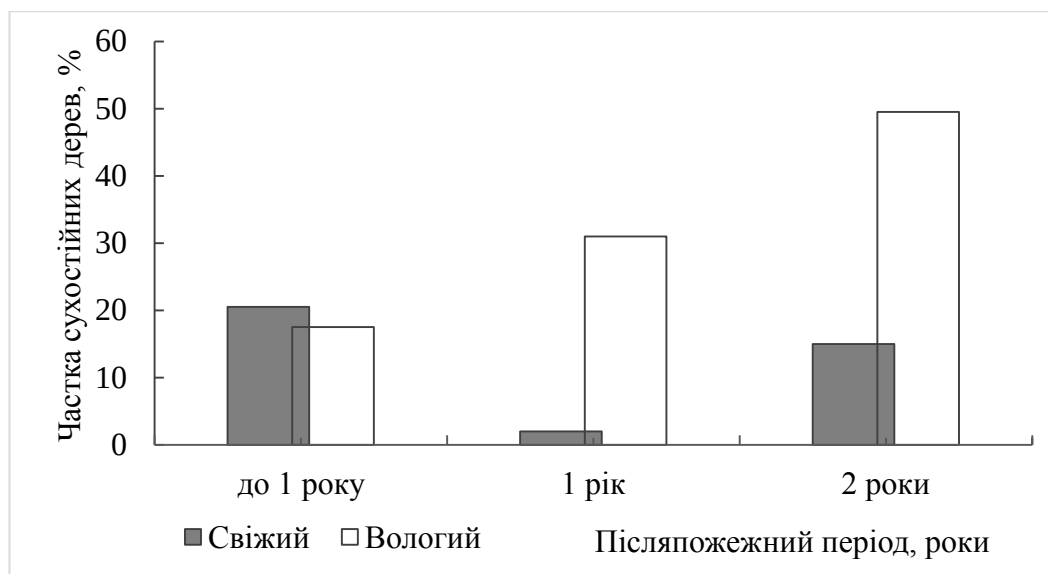


Рис.5.4 Частка сухостою в сосняках у різних гігροтопах за різної тривалості періоду після пожежі

Частка всихаючих дерев у сухих та свіжих гігροтопах збільшується пропорційно часу: найменшою вона була в рік пожежі – 16,2, найбільшою – через 2 роки – 28,6 % (рис. 5.5, 5.6). У сосняках, що ростуть у вологих та сирих суборах, найбільше всихаючих дерев виявлено у рік пожежі – 41,8 %, через рік їхня частка становила 10,8 %, через 2 роки – лише 6 %.

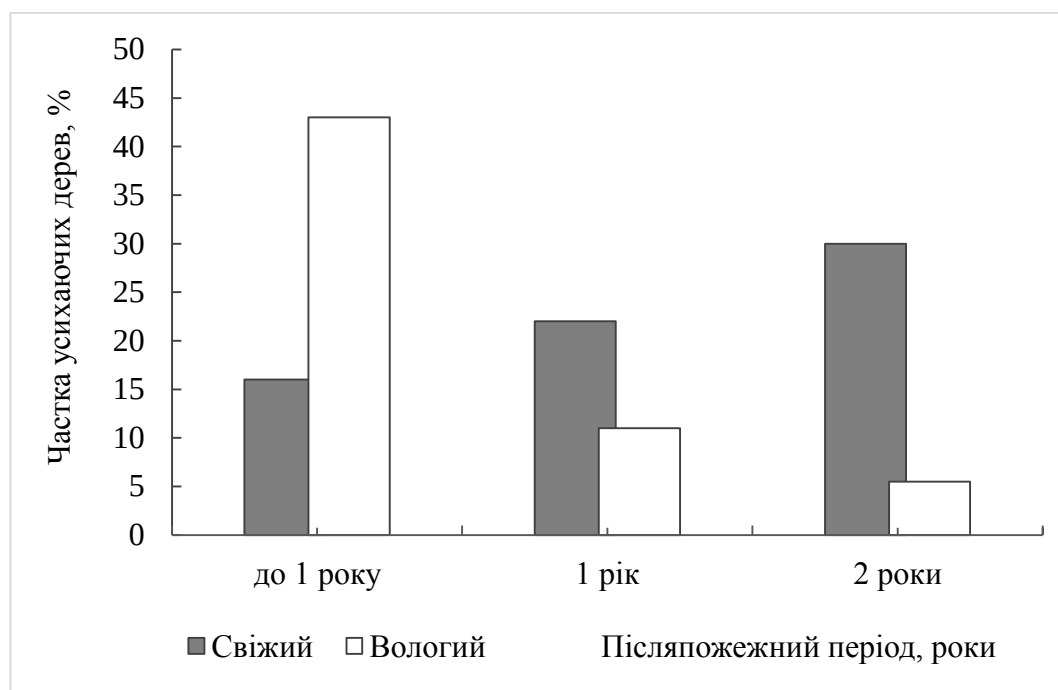


Рис.5.5 Частка всихаючих дерев у сосняках у різних гігροтопах



Рис.5.6 Стан соснового деревостану в умовах В₂ через 2 роки після низової пожежі (фото автора, 15.08.2013, Мaseвицьке л-во, ДП «Рокитнівське ЛГ»)

5.1.2 Пошкодження корневих систем унаслідок теплопровідності

Розподіл дерев за категоріями санітарного стану наведено у таблиці 5.4. У сосняках вологого та сирого гігروتопів між санітарним станом та висотою опіку тонкої кори відзначали лише слабкий кореляційний зв'язок, що свідчить про зменшення впливу теплового випромінювання на стовбур. Водночас зростав вплив теплопровідності ґрунту, оскільки відбувалося пошкодження коріння дерев, адже в таких лісорослинних умовах у сосни формується поверхнева коренева система.

Під час оцінювання пошкодження корневих систем використано «ступені пошкодження корневих систем» (табл. 5.5).

У всихаючому сосняку майже в 90 % дерев пошкоджено кореневі лапи, а в 70 % – корені другого та третього порядку. Особливо відчутним це є для «всихаючих» дерев (рис. 5.7).

Водночас більшість дерев без пошкодження корневих систем належать до категорії усихаючих і всохлих. Крім пошкодження корневих лап, індикатором значного пошкодження може бути ступінь вигорання підстилки (табл. 5.6).

Таблиця 5.4

**Санітарний стан сосняків у вологому суборі в разі пошкодження
коренових систем**

Період після пожежі, місяців	Розподіл за категоріями стану, %						Загалом сухостою, %	I _c
	I	II	III	IV	V	VI		
4	—	31,0	69,0	—	—	—	0	2,7 ± 0,05
4	—	15,0	85,0	—	—	—	0	2,9 ± 0,04
4	—	21,0	71,0	3,7	2,5	2,5	5,0	2,9 ± 0,07
16	0	20,0	35,0	5,0	28,0	10,0	38,0	3,7 ± 0,14
16	0,6	25,8	45,4	8,0	14,1	6,1	20,2	3,3 ± 0,09
16	—	40,8	41,8	5,1	1,0	11,2	12,2	3,0 ± 0,12
16	—	5,6	35,2	12,0	37,6	9,6	47,2	4,1 ± 0,10
Контроль	60,0	38,0	2,0	—	—	—	0	1,3 ± 0,02

Таблиця 5.5

**Розподіл дерев за категоріями санітарного стану та ступенями
пошкодження коренових систем (ППП 12, ТЛУ В₃)**

Пошкодження коренових систем, бали	Розподіл дерев за категоріями стану, %			Загалом, %	I _c
	III	IV	V		
1	—	8,8	2,9	11,8	4,2
2	2,9	7,8	5,9	16,7	4,2
3	6,9	20,6	7,8	35,3	4,0
4	6,9	26,5	2,9	36,3	3,9
Загалом	16,7	63,7	19,6	100	4,0



Рис.5.7 Значне пошкодження коренових лап сосни у вологих ТЛУ
(фото автора, 10.05.2013, Немовицьке л-во, ДП «Сарненське ЛГ»)

Таблиця 5.6

Індекс стану дерев у сосняках вологих гігروتопів залежно від частки вигорання підстилки

ПП	Рік	Вигорання підстилки за проекцією крони, %										Серед- не	I _c
		0–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100		
43	2014	2,8	2,5	2,7	2,7	2,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	27	2,7
	2015	3,0	3,0	4,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	–		3,5
44	2014	3,0	2,9	3,0	2,9	2,9	2,7	2,4	3,0	2,5	3,0	34	2,9
45	2014	–	3,0	–	3,0	2,0	2,8	2,5	3,2	2,9	3,5	73	2,9
	2015	–	4,0	–	3,5	4,8	3,4	4,1	4,2	5,0	5,0		4,1

Під час оцінювання стану через 4 місяці після пожежі було виявлено, що переважна більшість дерев належали до ослаблених та сильно ослаблених. У 2015 р. стан насаджень погіршився. Найбільш відчутне погіршення стану зафіксовано на ПП 45 (ТЛУ В₃), де в середньому вигоріло понад 70 % лісової підстилки; I_c за рік погіршився з 2,9 до 4,1 (усихаюче насадження).

Погіршення стану й збільшення частки сухостійних дерев вже в рік пожежі, не пов'язане з величиною нагару та опіком тонкої кори, відзначено в іншому сосняку з пошкодженим корінням (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Динаміка стану сосняків, пошкоджених пожежею у вологому гігротопі

Висота нагару, м	Післяпожежний період, місяців	Розподіл за категоріями стану, %						I _c
		I	II	III	IV	V	VI	
1,02	16	0	19	36	5	29	10	3,7
	28	0	8	38	4	7	43	4,4
	40	0	0	27	21	4	47	4,7
1,08	4	0	21	79	0	0	0	2,8
	16	0	0	61	33	5	2	3,5
1,13	4	0	38	62	0	0	0	2,6
	16	0	0	64	8	28	0	3,6
1,14	16	0	5	33	11	39	11	4,2
	28	1	3	26	7	6	57	4,9
	40	5	2	19	11	1	60	4,8
1,22	16	1	26	45	7	15	6	3,3
	28	3	19	41	14	9	15	3,5
	40	0	0	37	34	3	25	4,2
1,54	4	0	3	82	6	5	3	3,2
	16	0	0	21	20	49	10	4,5
1,55	16	0	40	41	5	1	13	3,1
	28	0	14	57	11	4	14	3,5
	40	0	0	53	28	1	18	3,8

У сосновому насадженні (55 років) у типі лісу В₄ДС на ПП № 7 (Кам'янське лісництво, кв.14, вид. 11), що було пошкоджене низовою пожежею навесні 2011 р., вже у 2012 р. помічено підняття рівня ґрунтових вод і сильне заболочення (рис. 5.8).



Рис. 5.8 Заболочення, спровоковане загибеллю соснових насаджень.

Кам'янське лісництво, кв.14, вид. 11

(фото автора, 20.06.2012, Кам'янське л-во, ДП «ОстківськеЛГ»)

5.1.3 Пошкодження крон дерев у молодняках конвективним потоком під час низової пожежі

У 10-річному сосновому молодняку після низової пожежі відзначено пошкодження як стовбура, так і крони (дехромацію) (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

Розподіл дерев соснового молодняку (ППП 60) за рівнями дехромації та категоріями санітарного стану

Категорія стану	Дехромація, %				
	0–20	21–40	41–60	61–80	81–100
I	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
II	1,9	2,3	0,0	0,0	0,0
III	0,0	4,2	8,8	12,5	0,0
IV	0,0	0,0	0,0	15,8	34,7
V	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5
Загалом	3,3	6,5	8,8	28,3	53,2
I _c	1,9	2,5	3,0	3,1	4,0

Між рівнем дехромації та санітарним станом дерев встановлено дуже сильний прямий достовірний зв'язок ($r = 0,94$). Вивчення динаміки пошкодження дало змогу встановити летальні рівні пошкодження для дерев. Частка усохлих дерев IV класу Крафта була значно більшою, якщо порівняти з іншими класами Крафта (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

Частка відпаду дерев різних класів Крафта в сосновому молодняку, %

Дехромація, %	Клас Крафта		
	I, II	III	IV
95	16,2	17,9	25,0

Для досліджуваних дерев не встановлено тісних кореляційних зв'язків між відносною висотою нагару та дехромацією (рис. 5.9)

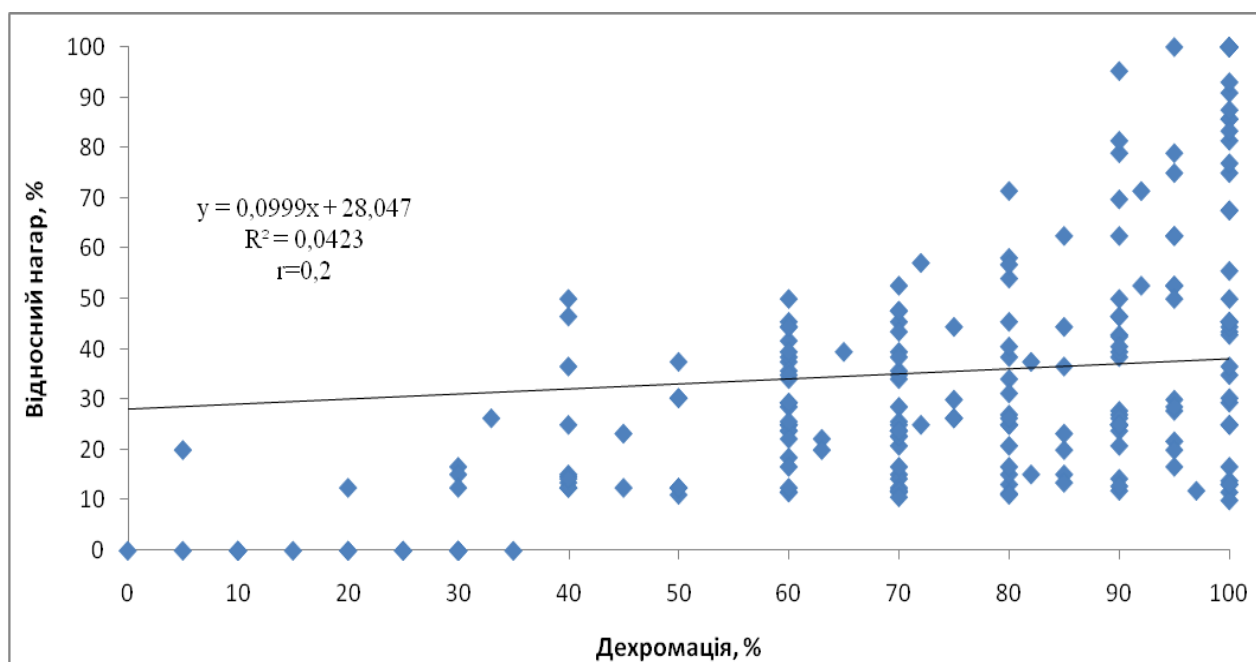


Рис. 5.9 Залежність дехромації від відносної висоти нагару на стовбурі

Між відносним нагаром та індексом стану дерев виявлено дуже сильний прямий достовірний кореляційний зв'язок ($r = 0,94$) (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

**Розподіл дерев сосни за відотною висотою нагару та санітарним станом
у соснових молодняках (ППП 60, ТЛУ – В₂)**

Категорія стану	Відносна висота нагару, %										Загалом за категорією
	0–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100	
1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
2	4,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1
3	1,9	14,0	12,1	9,3	5,6	2,8	0,5	0,5	0,0	0,5	47,0
4	0,0	5,6	9,8	2,3	2,8	2,8	1,9	1,9	0,5	0,9	28,4
5	0,0	2,3	1,4	1,4	2,8	0,9	0,9	0,9	2,3	5,6	18,6
Загалом	7,0	22,3	23,7	13,0	11,2	6,5	3,3	3,3	2,8	7,0	100,0
I _c	2,2	3,4	3,5	3,4	3,8	3,7	4,1	4,1	4,8	4,7	–

Реакція дерев різних класів Крафта на пошкодження різнилася (табл. 5.11). Так, для дерев I та II класів Крафта критичною була відносна висота нагару 40–50 %, для III класу – 30–40, для IV класу – 10–20 % (табл. 5.12).

Таблиця 5.11

Стан дерев за відотною висотою нагару та класами Крафта

Відносна висота нагару, %	I _c для класу Крафта		
	I, II	III	IV
5	1,0	2,3	2,3
15	3,2	3,4	3,6
25	3,2	3,4	3,9
35	3,4	3,6	–
45	3,6	4,2	4,0
55	3,7	3,4	4,3
65	4,0	4,2	–
75	4,0	4,2	–
85	4,5	5,0	–
95	4,8	4,9	4,6

Таблиця 5.12

**Частка відпаду дерев різних класів Крафта в сосновому молодняку
залежно від відносної висоти нагару, %**

Відносна висота нагару, %	Клас Крафта		
	I, II	III	IV
15	1,5	2,7	2,9
25	0	0,9	5,7
35	2,9	0,9	0
45	4,4	1,8	2,9
55	1,5	0	2,9
65	0	1,8	0
75	0	1,8	0
85	1,5	3,6	0
95	4,4	4,5	11,4
Загалом	16,2	18,0	25,8

5.2 Особливості розвитку сосняків, пошкоджених пожежами в аномально сухі роки

Ймовірність виникнення та інтенсивність пожежі у Поліссі, як зазначено вище, залежать від запасів та вологості підстилки (див. рис. 4.9). Температура горіння підстилки може перевищувати 600°C [48], що створює надзвичайну пожежну загрозу.

За умови висихання величезних запасів мортмаси навіть сосняки вологих типів лісу стають пожежонебезпечними. Така критична ситуація виникла у 2015 р. Відповідно до критеріїв аномальності клімату, запропонованих нами для Рівненщини [68, 82], вегетаційний період 2015 р. оцінено як «аномально сухий». Вже на початку серпня всі шари підстилки за рівнем вологості були повітряно-сухими. Тому для пожеж, що виникали, характерним був конвективний тип передавання тепла. У результаті дії гарячих потоків повітря пошкоджувалася хвоя – спочатку ставала жовто-сіро-зеленою, а потім червоною (рис 5.10, а). Іншим негативним наслідком було згорання коріння та кореневих лап, унаслідок чого пошкоджені дерева падали (рис. 5.10, в).

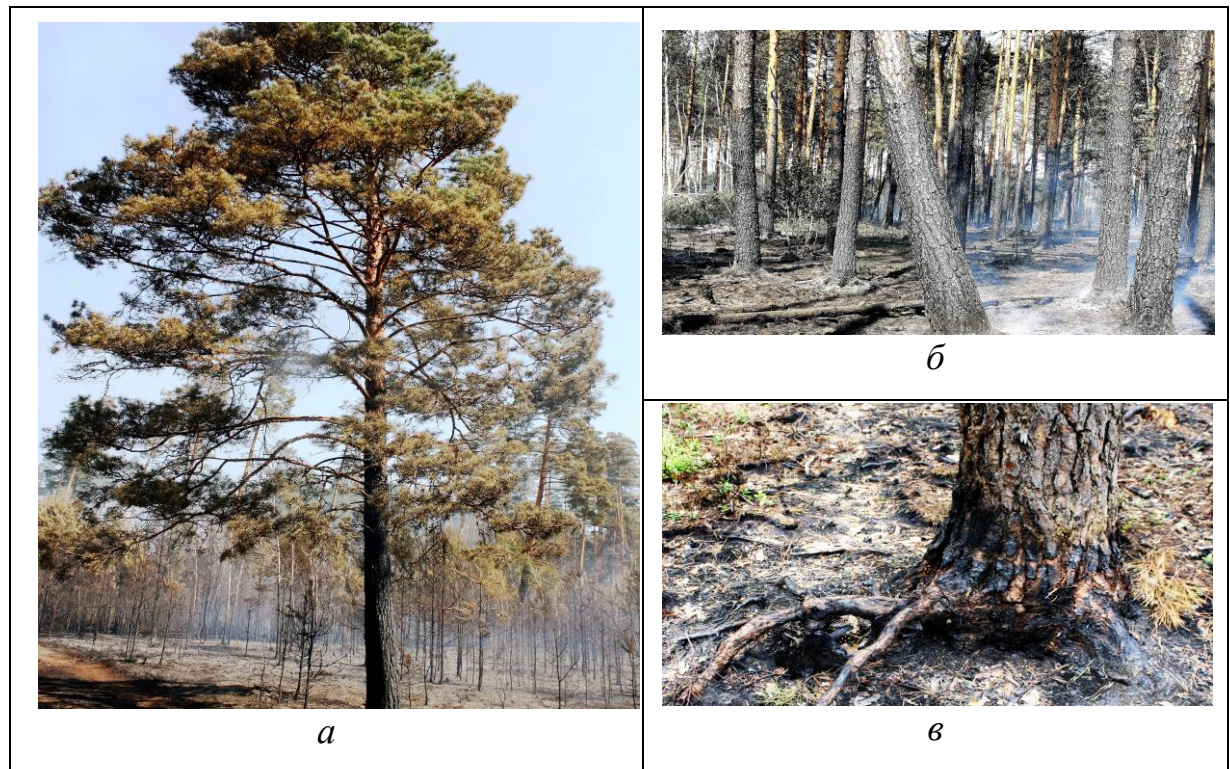


Рис. 5.10 Типи пошкодження сосняків під час низових пожеж:

а – пошкодження крони; *б* – пошкодження стовбура; *в* – пошкодження коріння (фото автора, 10.09.2015, Біловіжське л-во, ДП «Остківський ЛГ»)

Індекс санітарного стану сосняків після пожежі був у межах 3,1–4,8 (табл. 5.13). Найнижчий I_c мали сосняки з ураженням стовбура та одночасним пошкодженням стовбура й корневих лап, вони були сильно ослабленими. Найгірший санітарний стан мали деревостани з пошкодженням крони. Дехромація більшості дерев перевищувала 70 %, а у 30–48 % дерев сягала 100 %.

Таблиця 5.13

Динаміка стану сосняків, пошкоджених пожежами у 2015 р.

ПП*	Вік, років	Еда-топ	Висота нагару, м	Рік	Розподіл дерев за категоріями стану, %						I_c
					I	II	III	IV	V	VI	
48К	58	A_1	2,53	2015	0	0	53	45	0	2	3,4
				2016	0	0	57	37	4	2	3,5
58С	66	A_2	0,88	2015	0	0	96	4	0	0	3,0
				2016	0	0	85	15	0	0	3,2
50К	49	A_2	2,5	2015	0	0	7	39	48	7	4,5
				2016	0	0	14	44	10	32	4,6
55Кор	71	A_4	0,31	2015	0	0	71	25	0	4	3,3
				2016	0	0	3	3	91	3	4,9
56Кор	71	A_4	0,61	2015	0	0	48	44	0	8	3,5
				2016	0	0	0	0	94	6	5,1
53С	56	B_2	1,09	2015	0	1	54	6	0	0	3,1

ПП*	Вік, років	Еда-топ	Висота нагари, м	Рік	Розподіл дерев за категоріями стану, %						I _c
					I	II	III	IV	V	VI	
49К	58	В ₂	1,59	2016	0	0	5	11	84	0	4,8
				2015	0	0	25	42	30	3	4,8
				2016	0	0	19	41	19	21	4,4
47К	58	В ₂	2,16	2015	0	10	23	32	30	5	4,0
				2016	0	3	23	27	35	12	4,3
52С	56	В ₃	0,83	2015	0	0	79	20	2	0	3,3
				2016	0	0	28	39	32	1	4,1
59С	66	В ₃	1,13	2015	0	0	94	6	0	0	3,1
				2016	0	0	46	37	15	2	3,7
57С	51	В ₃	2,2	2015	0	0	75	19	2	4	3,3
				2016	0	0	26	29	37	9	4,3
51С	56	В ₃	2,6	2015	0	3	68	29	0	0	3,7
				2016	0	0	15	24	46	15	4,6
54Кор	121	В ₄	1,06	2015	0	0	69	25	0	6	3,4
				2016	0	0	0	0	94	6	5,1

*С – пошкодження стовбура, К – крони, Кор – кореневих систем.

Пожежі виникли наприкінці посушливого періоду, тому можна було сподіватися на стабілізацію й покращення стану дерев. Проте наступного року позитивних змін не відбулося. Стан сосняків суттєво не погіршився лише у варіанті з пошкодженням стовбура. У всіх інших випадках відзначено катастрофічне погіршення. Найбільші зміни відбулися в сосняках у вологих і сирих гігротопах, які мали пошкодження корневих лап (ПП 54–56).

5.2.1 Пошкодження стовбура тепловипромінюванням у сосняках

У сосняках із пошкодженням стовбура погіршення стану виявлялося в дефоліації (табл. 5.14). У більшості сосняків дефоліація у 2015 р. становила 11–70 %, а дехромація не перевищувала 30 % або була зовсім відсутньою. У 2016 р. відбувалося погіршення загального санітарного стану дерев, зменшення частки дехромованої хвої та збільшення рівня дефоліації крони. Дефоліація крони збільшилася за рахунок дехромованої у 2015 р. хвої, яка опала. У 2016 р. дехромацію хвої відзначено лише в дерев V категорії.

Таблиця 5.14

Розподіл дерев у пірогенно пошкоджених сосняках за станом крони

ПП	Рік	Показ- ник*	Пошкодження крони, %					Серед- ньозва- жений показ- ник, %	I _c	Від- пад, %
			0–10	11–30	31–70	71–90	91– 100			
58	2015	Ф	0	0	98	2	0	51,1	3,0	0
		Х	відсутнє							
	2016	Ф	0	6	85	9	0	51,4	3,2	0
		Х	відсутнє							
59	2015	Ф	0	0	93	6	2	53,7	3,1	2
		Х	відсутнє							
	2016	Ф	0	0	46	52	2	67,0	3,7	17
		Х	85	15	0	0	0	7,3		
52	2015	Ф	2	98	0	0	0	20,2	3,3	0
		Х	3	70	27	1	0	28,9		
	2016	Ф	0	2	74	23	1	57,2	4,1	33
		Х	45	0	54	1	0	30,3		
57	2015	Ф	4	0	80	16	0	53,5	3,3	4
		Х	96	0	0	0	4	8,6		
	2016	Ф	0	1	43	30	27	71,7	4,3	45
		Х	63	20	17	1	0	16,6		
53	2015	Ф	1	98	1	0	0	20,6	3,1	0
		Х	2	91	7	0	0	22,3		
	2016	Ф	0	0	45	49	5	66,9	4,8	84
		Х	8	29	64	0	0	38,7		
51	2015	Ф	0	69	31	0	0	29,8	3,7	12
		Х	0	45	30	12	12	45,4		
	2016	Ф	1	2	30	43	24	73,0	4,6	62
		Х	40	60	0	0	0	14,3		

*Ф – дефоліація, Х – дехромація.

У рік пошкодження пожежею сильне погіршення стану та всихання відзначали за висоти нагару понад 2,1 м (I_c сягав 3,4, частка сухостою становила 10,9 %) (табл. 5.15). У разі пошкодження з висотою нагару понад 3,5 м всохло 20 % дерев. Наступного року стан дерев суттєво погіршився: значну частку сухостою відзначено навіть за мінімальних пошкоджень – 29 % за висоти нагару до 0,5 м.

Таблиця 5.15

**Індекс стану (I_c) та відпад у сосняках залежно від висоти нагару
на стовбурах**

Висота нагару, м	I _c		Відпад, %	
	2015 р.	2016 р.	2015 р.	2016 р.
0–0,5	3,1	3,9	0,0	29,0
0,51–1,0	3,2	4,1	0,6	42,5
1,1–1,5	3,2	4,1	1,6	41,5
1,51–2,0	3,2	4,2	1,0	43,0
2,1–2,5	3,4	4,5	10,9	58,2
2,6–3,0	3,6	4,5	12,5	55,4
3,1–3,5	4,0	5,1	21,7	82,6
3,6–4,0	4,0	5,1	20,8	91,7
4,1–4,5	4,0	5,2	25,0	95,0
4,6–5,0	4,2	5,5	33,3	100,0
5,1–5,5	4,2	5,0	30,0	100,0
5,6–6,0	4,3	5,0	35,0	100,0

5.2.2 Пошкодження крони дерев конвективним потоком

Для насаджень із конвективним типом пошкодження крони характерною була наявність великої частки дерев зі значною дехромацією та дефоліацією крони (табл. 5.16). Колір хвої змінювався вже через декілька днів після пожежі. На ПП 49 та 50 у третини дерев (34 %) дехромація крони сягала 100 %. Наступного року стан пошкоджених насаджень погіршився. I_c перебував у межах 3,6–4,6. У 2016 р. показники дехромації дерев знизилися за рахунок опадання мертвої дехромованої хвої впродовж року, дехромація до 30 % була характерною лише для дерев свіжого сухостою та незначної частки всихаючих дерев.

Синергічний вплив одночасного пошкодження стовбура й крони призвів до сильного погіршення стану та появи сухостою вже через місяць після пожежі (табл. 5.17). За незначного пошкодження стовбурів (до 0,5 м) за станом насадження оцінювали як «усихаюче», а частка сухостою становила 17 %. За пошкодження стовбура понад 4 м всихали 66,7 % дерев групи, а індекс стану становив 4,7. Через рік після пожежі стан насадження сильно погіршився, I_c змінився до 4,2, а частка сухостою збільшилася до 37,7 %.

Таблиця 5.16

Розподіл дерев сосни за дехромацією хвої та індексом стану в різних за віком та едатопами насадженнях з видимим пошкодженням крон

Рік	Період після пожежі	Стан	Дехромація, %									
			0–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100
2015	Рік пожежі	I _c	2,0	2,9	3,7	3,0	3,3	0,0	3,9	4,0	4,7	5,1
		Відпад	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	61,1	95,0
	Через рік	I _c	2,8	3,1	3,3	3,4	3,7	0,0	4,1	4,8	4,9	5,9
		Відпад	20,0	0,0	11,1	12,0	0,0	0,0	15,8	70,2	62,2	98,4
2014	Рік пожежі	I _c	3,8	2,8	2,7	3,1	3,3	3,2	3,6	4,5	4,0	4,7
		Відпад	45,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	22,0	50,0	14,0	71,0
	Через рік	I _c	5,2	5,1	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	6,0	6,0	6,0
		Відпад	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблиця 5.17

Динаміка стану сосняків у разі одночасного пошкодження стовбура й крони

Висота нагару, м	I _c		Відпад, %	
	2015 р.	2016 р.	2015 р.	2016 р.
0–0,5	3,9	4,2	17,0	37,7
0,51–1,0	3,7	4,2	13,7	31,5
1,1–1,5	3,9	4,5	25,9	40,7
1,51–2,0	3,9	4,5	17,6	47,3
2,1–2,5	4,1	4,5	18,8	43,8
2,6–3,0	4,1	4,4	26,3	42,1
3,1–3,5	4,1	4,4	22,2	33,3
3,6–4,0	4,1	4,5	25,0	37,5
4,1–4,5	4,7	4,8	66,7	50,0
4,6–5,0	5,0	5,8	100,0	100,0
5,1–5,5	5,0	5,8	100,0	100,0
5,6–6,0	5,0	6,0	100,0	100,0

5.2.3 Пошкодження корневих систем унаслідок теплопровідності

На ПП у сосняках з переважним типом пошкодження корневих систем була наявна незначна частка дерев з дехромованою кроною; на ПП 54 та 55 дехромованої хвої в кронах взагалі не виявлено. Для насаджень із пошкодженими корневими системами характерним було стрімке погіршення стану впродовж року після пошкодження. Погіршення

санітарного стану через рік після пошкодження сягнуло свого піку: I_c становив від 4,9 до 5,1, а відпад сягав 100 % (табл. 5.18). Вплив пошкодження як стовбура, так і кореневих систем повною мірою став відчутним лише через рік після пожежі, коли навіть незначні пошкодження, отримані рік тому, призвели до всихання практично всіх дерев у дослідних групах (97,2 % за середньої висоти нагору на стовбурі до 0,5 м) (табл. 5.19).

Навесні 2016 р. у пошкоджених сосняках у вологих умовах (ПП 54–56) відзначено масове розмноження стовбурових шкідників. У липні 2016 р. частка свіжого сухостою на цих ПП перевищувала 90 % (рис. 5.11).

Таблиця 5.18

Стан сосняків з переважним пошкодженням кореневих систем

ПП	Рік	Показник*	Пошкодження крони, %					I _c	Відпад, %
			0–10	11–30	31–70	71–90	91–100		
54	2015	Ф	0	0	94	0	6	3,4	6
		Х	відсутнє						
	2016	Ф	0	0	0	70	30	5,1	100
		Х	90	10	0	0	0		
55	2015	Ф	0	0	89	8	3	3,3	3
		Х	відсутнє						
	2016	Ф	0	0	89	8	3	4,9	94
		Х	5	5	91	0	0		
56	2015	Ф	0	1	92	7	0	3,5	7
		Х	93	0	7	0	0		
	2016	Ф	0	1	91	0	8	5,1	100
		Х	8	0	91	1	0		

*Ф – дефоліація, Х – дехромація.

Таблиця 5.19

Стан та величина відпаду дерев залежно від висоти нагору в разі пошкодження кореневих лап та стовбура на ПП 54–56

Висота нагору, м	I_c		Відпад, %	
	2015 р.	2016 р.	2015 р.	2016 р.
0–0,5	3,5	5,0	5,6	97,0
0,51–1,0	3,3	5,0	1,9	100,0
1,1–1,5	3,3	5,0	6,3	100,0
1,51–2,0	3,8	5,0	25,0	100,0
2,1–2,5	3,5	5,0	0,0	100,0
2,6–3,0	3,0	5,0	0,0	100,0



Рис. 5.11 Пошкодження корневих систем під час пожежі низької інтенсивності (ліворуч – через два тижні, праворуч – через рік після пожежі) (фото автора, 12.09.2015, Клесівське л-во, ДП «Клесівське ЛГ»)

Висновки до розділу

1. Інтенсивність, тривалість погіршення стану сосняків після пожежі залежали від типу пошкодження та тривалості періоду після пожежі. Домінування типу пошкодження залежало від виду, сезону пожежі та едотопу й мало свої регіональні особливості. За тривалості періоду після пожежі понад один рік практично всі сосняки належали до категорії всохлих або усихаючих.

2. У «нормальні» та «мокрі» роки (2012–2014) у сосняках сухих і свіжих гігروتопів домінувало пошкодження стовбура. За висоти нагару від 0,54 до 2,50 м санітарний стан сосняків погіршувався, за індексом санітарного стану їх класифіковано як «ослаблені» та «всихаючі» насадження. У вологих і сирих гігروتобах особливу небезпеку становило пошкодження корневих систем внаслідок теплопровідності ґрунту, оскільки

саме в цих умовах сосна формує поверхневу кореневу систему. У разі пошкодження корневих систем дерева гинуть навіть за незначного пошкодження стовбура.

3. У дуже сухих і свіжих гігротопах основним було пошкодження стовбура тепловипромінюванням, а у вологих гігротопах – корневих систем. Для сосни сухих та свіжих гігротопів такі пошкодження є менш значущими, для гігротопів 3–4 – катастрофічними.

4. Одночасне пошкодження стовбура та крони призводило до сильного погіршення стану й появи сухостою вже через місяць після пожежі.

5. Вплив одночасного пошкодження стовбура й корневих систем повною мірою став відчутним лише через рік після пожежі. Навіть незначні пошкодження призвели до всихання практично всіх дерев у дослідних групах.

6. У наступні після аномально посушливого періоду роки у всіх інших випадках, за винятком варіанту з пошкодженням стовбура, відбулося катастрофічне погіршення стану сосняків. Найбільші негативні зміни сталися в сосняках у вологих і сирих гігротопах, де внаслідок пошкодження та згорання коріння дерева падали.

7. Навесні 2016 р. у сосняках було відзначено масове розмноження стовбурових шкідників. У липні 2016 р. частка свіжого сухостою на цих ПП перевищувала 90 %.

Результати досліджень, що представлені у розділі, висвітлено в публікаціях автора [64, 65, 68, 69, 70, 71, 283].

РОЗДІЛ 6

ПІРОГЕННІ ЗМІНИ РАДІАЛЬНОГО ПРИРОСТУ ТА ТОВАРНOSTІ СОСНЯКІВ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ

6.1 Зміни радіального приросту в пошкоджених пожежею сосняках

6.1.1 Пірогенні зміни радіального приросту в 70-річному сосняку

У сосняку, пошкодженому пожежею на початку травня 2013 р., висота нагару на стовбурі становила від 1,0 до 3,0 м, а висота грубої кори – 3,9 м. Через 3 місяці після пожежі насадження оцінювали як сильно ослаблене ($I_c = 2,96$). У подальшому відбувалося погіршення стану (табл. 6.1). Через три роки пошкоджений сосняк за станом оцінювали як усихаючий, а частка свіжого сухостою дорівнювала 18 %.

Таблиця 6.1

Динаміка розподілу дерев за категоріями санітарного стану в пошкодженому низовою пожежею сосняку на ПП 3

Період після пожежі, місяців	Розподіл за категоріями стану, %						I_c
	I	II	III	IV	V	VI	
6	–	23	67	4	3	3	2,9
16	–	40	41	5	1	13	3,1
28	–	14	57	11	4	14	3,5
40	–	0	53	28	1	18	3,8

До пожежі в досліджуваному сосняку значення радіального приросту сосни перевищувало відповідні значення на контролі: 1,34 проти 0,97 мм/рік (табл. 6.2). Максимальні значення зафіксовано у 2008 р., а мінімальні – у 2009 й 2011 рр., коли за кількістю опадів вегетаційні періоди були сухими, а ГТК становив 0,9 і 0,8 відповідно.

У пошкодженому сосняку радіальний приріст після пожежі (2012–2016 рр.) у порівнянні з періодом до пожежі (2007–2011 рр.) зменшився на 55 %. Водночас на контролі приріст зменшився лише на 10 % (див. табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Зміни радіального приросту в досліджуваних сосняках

ПП	Вид деревини	Товщина шарів деревини, мм		Достовірність різниці		Зміна приросту після пожежі, %
		до пожежі	після пожежі	$t_{\text{факт}}$	$t_{\text{теор}}$	
Пошкод- жена	Річна	1,29	0,58	2,39*	2,06	-55
	Пізня	0,51	0,16	2,36*	2,06	-68
	Рання	0,79	0,42	2,36*	2,06	-47
Контроль	Річна	1,25	1,12	0,05	2,15	-10
	Пізня	0,50	0,46	0,08	2,10	-8
	Рання	0,75	0,66	0,12	2,12	-11

*Різниця достовірна на 5%-му рівні значущості

Рік пожежі (2012) за кількістю опадів був мокрим (табл. А.2), і погодні умови були сприятливими для формування приросту, тому на контролі зафіксовано високі значення радіального приросту всіх видів деревини (рис. 6.1–6.3). Пожежа призвела до глибокої депресії приросту в пошкодженому сосняку. Величина річного приросту у 2012 р. становила 60 % від контролю (див. рис. 6.1). Вегетаційний період 2015 р. за кількістю опадів був аномально сухим, а 2016 р. – сухим. ГТК 0,7–0,8 свідчить про посуху впродовж цих років. Особливо посушливим був серпень 2015 р., коли випало лише 5,9 мм опадів. У результаті таких погодних умов радіальний приріст у 2015 р. зменшився, найбільш відчутним зменшення виявилось в пошкодженому сосняку. У наступному 2016 р. спостерігалось незначне збільшення приросту (див. рис.6.1).

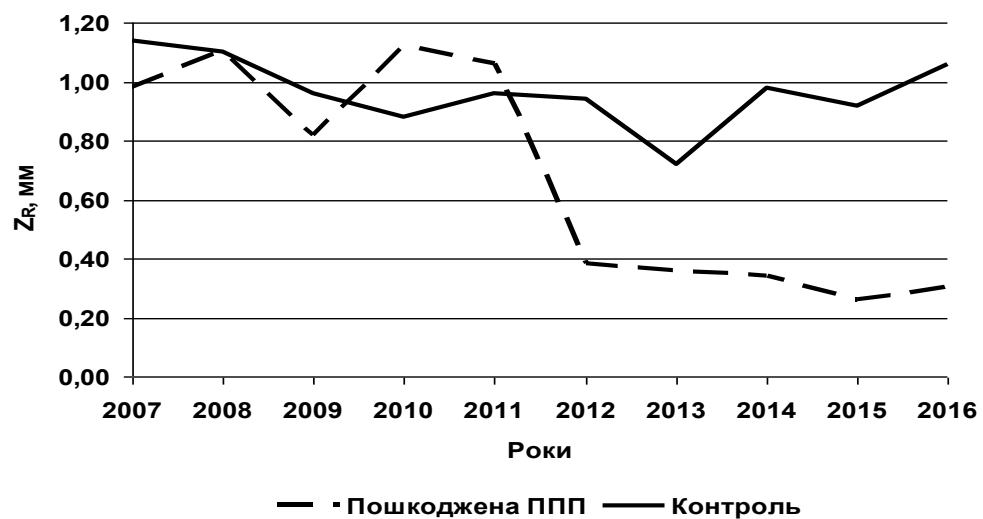


Рис. 6.1 Динаміка радіального приросту сосни (Z_R) у контрольному насадженні та насадженні, пошкодженому пожежею 2012 р.

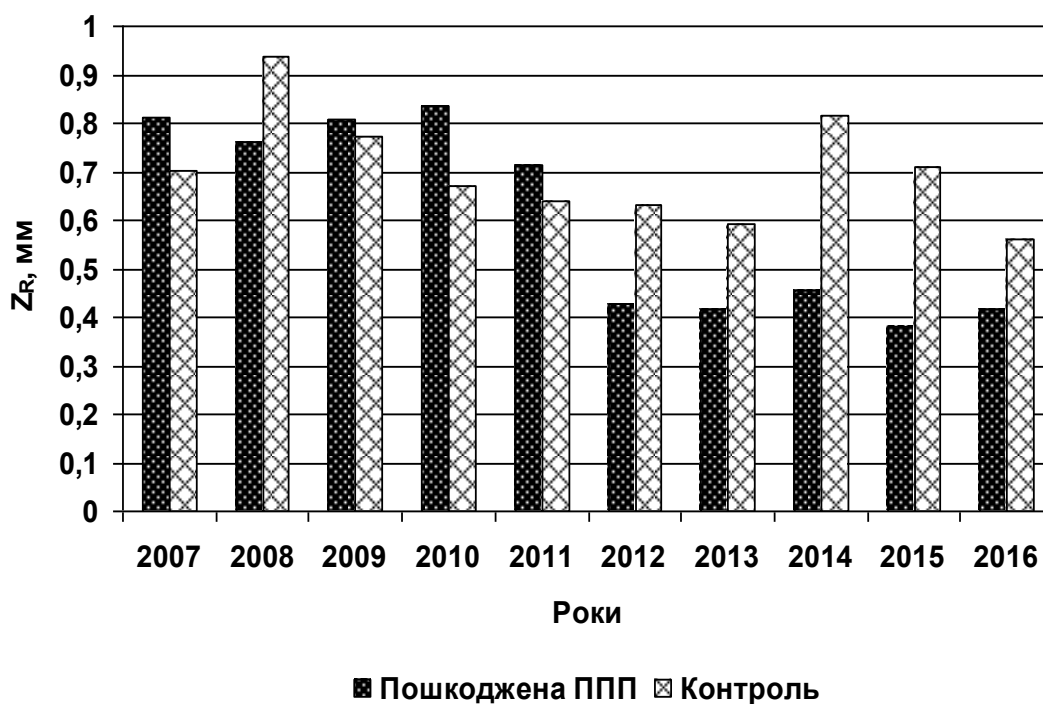


Рис. 6.2 Динаміка товщини ранньої деревини (Z_R) у 70-річному сосняку

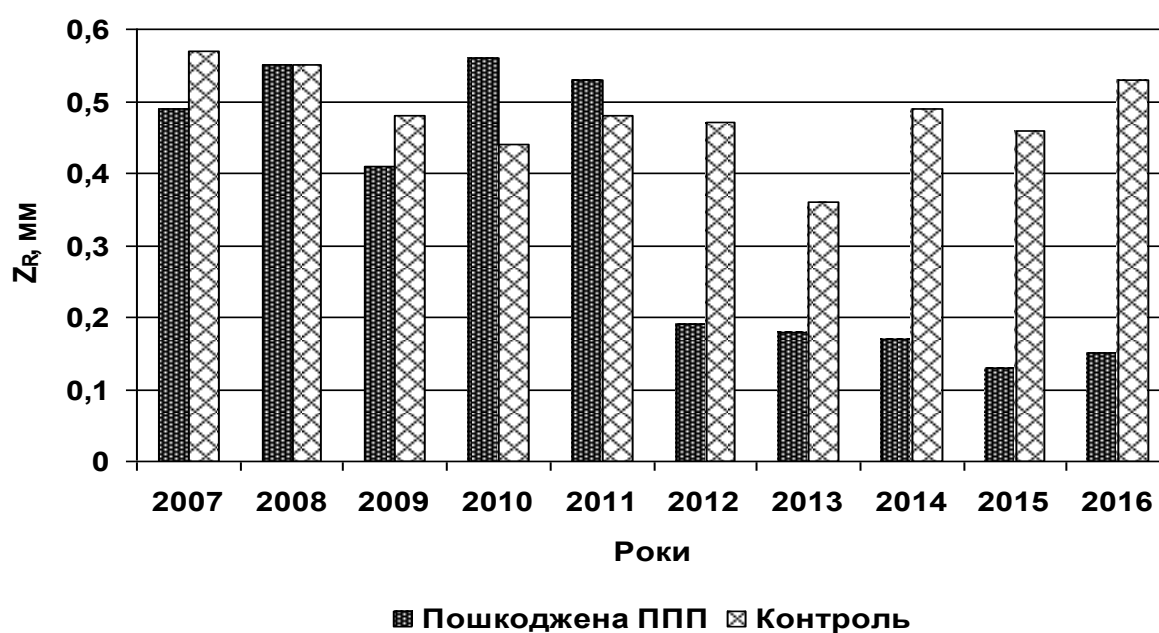


Рис. 6.3 Динаміка товщини пізньої деревини (Z_R) у 70-річному сосняку

Важливим для вивчення пірогенних змін приросту є визначення особливостей формування ранньої та пізньої деревини. Початком активного росту вважається третя декада квітня – перша половина травня. У межах річного кільця вирізняються рання деревина світлого забарвлення, яка

формується в першій половині вегетаційного періоду, та пізня деревина темнішого кольору, що утворюється на завершальній стадії вегетації.

Після пожежі товщина пізньої та ранньої деревини зменшилася на 68 та 47 % відповідно, в той час як на контролі вона зменшилася на 8 та 11 % (див. табл. 6.2). У рік пожежі (2013), якщо порівняти з контролем, радіальний приріст річної деревини зменшився на 60 %, товщина шару ранньої деревини – на 32 % та пізньої деревини – на 60 %. Депресія радіального приросту в пошкодженому пожежею деревостані сталася на фоні сприятливих погодних умов (за вегетаційний період з квітня до серпня випало 392 мм опадів, що на 20 % перевищило середню норму).

Зменшення радіального приросту посилювалося з погіршенням стану дерев: в ослаблених воно становило 44 %, у дуже ослаблених – 49 %, в усихаючих – 75 % (рис. 6.4). Зменшення приросту усихаючих дерев почалося після сильної посухи 2009 р.

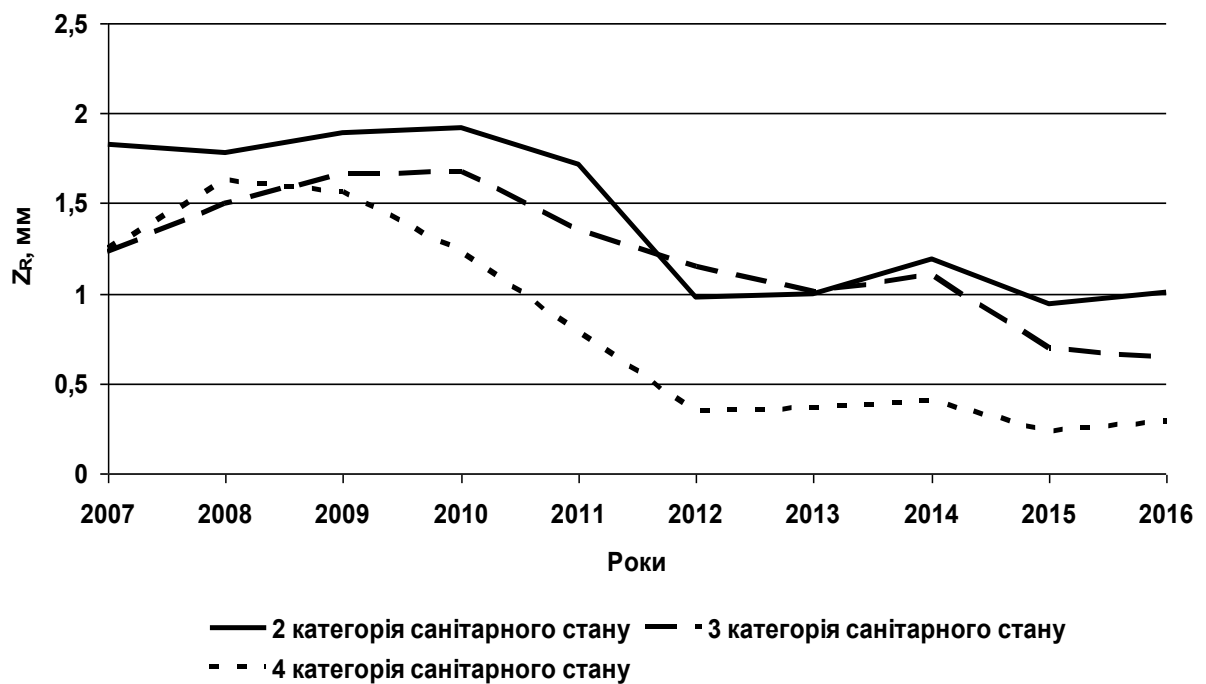


Рис. 6.4 Динаміка радіального приросту дерев (Z_R) різних категорій стану в сосняку, пошкодженому пожежею 2012 р.

Після пожежі зменшився радіальний приріст дерев усіх класів Крафта: надпанівних – на 44 %, панівних – на 38 %, пригнічених – на 75 % (рис. 6.5). Надпанівні дерева у 2012 р. зреагували на пожежу зменшенням приросту (його мінімум припав на 2013 р.). У панівних та співпанівних дерев

найменший приріст був у 2012 р. До 2016 р. приріст не відновився до передпожежного рівня і зберіг чітку ієрархічну тенденцію: найбільшим він був у панівних дерев і, відповідно, меншим – у співпанівних.

Між індексами радіального приросту за 2015 р. та мінімальною висотою нагару встановлено пряму сильну кореляційну залежність ($r = 0,72$, $t_{\text{факт}} = 2,51$, $t_{\text{теор}} = 2,45$, $p = 0,05$) (рис. 6.6).

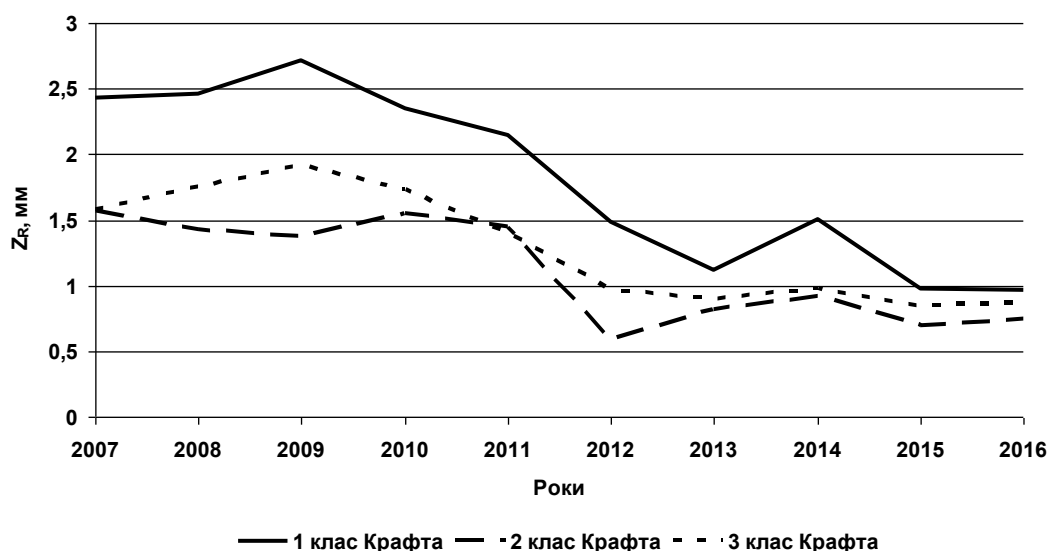


Рис. 6.5 Динаміка радіального приросту дерев сосни (Z_R) за класами Крафта в сосняку, пошкодженому пожежею 2012 р.

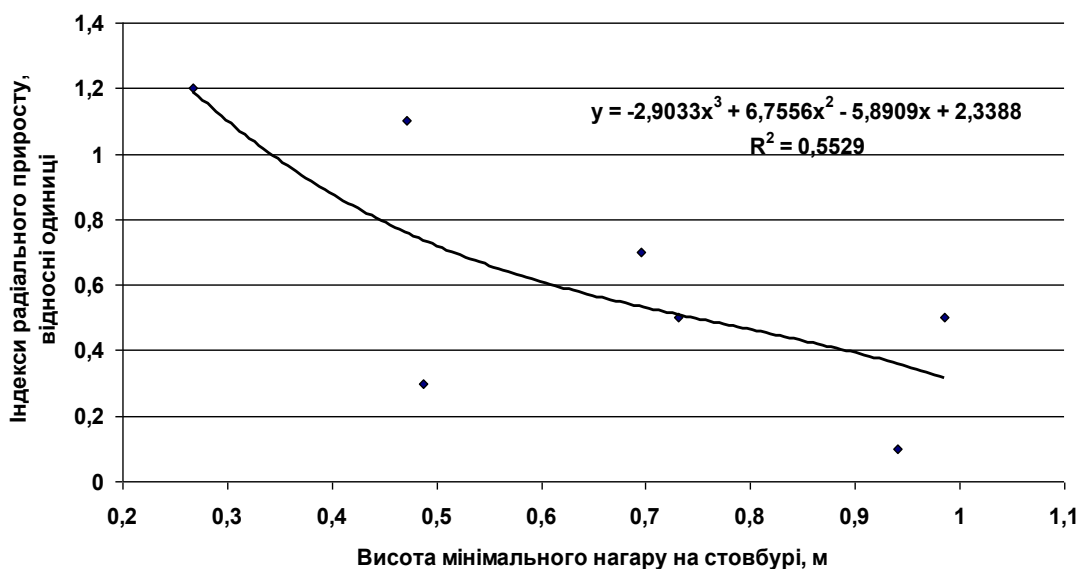


Рис. 6.6 Залежність індексів радіального приросту сосни від мінімальної висоти нагару на стовбурі для 2015 р.

6.1.2 Пірогенні зміни радіального приросту в 50- річному сосняку

У пошкодженному сосняку висота нагару на стовбурі коливалася в межах 0,85–4,0 м. Оскільки середня гранична висота розташування грубої кори становила 4,9 м, вогонь досягав тонкої кори. Вже через два місяці після пожежі пошкоджений сосняк оцінювали як усихаючий (табл. 6.3). Частка свіжого сухостою становила 20–25 %, а всихаючих дерев – 50 %. Стан контрольного сосняку за період спостереження оцінювали як ослаблений.

Таблиця 6.3

Динаміка розподілу дерев за категоріями стану

ПП	Висота, м		Період після пожежі, місяців	Розподіл за категоріями стану, %						I _c
	грубої кори	нагару		I	II	III	IV	V	VI	
30	3,3	1,5	2	0	0	19	56	25	0	4,1
			12	0	0	23	48	9	18	4,3
			24	0	0	19	50	3	28	4,4
			36	0	0	22	46	1	31	4,5
32	3,5	0	0	26	42	21	6	1	4	2,3

До пожежі різниці між товщинами річної деревини в пошкодженному сосняку та відповідними значеннями на контролі були незначними (рис. 6.7).

Максимальні значення приросту зафіксовано в 2008 р. а мінімальні значення спостерігалися в 2009 і 2011 рр., що є цілком закономірним, адже за кількістю опадів за вегетаційний період ці роки були сухими (табл. А.2), а гідротермічний коефіцієнт Селянінова становив 0,9 і 0,8 відповідно, тобто вегетаційний період можна вважати посушливим.

Погодні умови вегетаційного періоду 2013 р. були доволі неоднозначними, а кількість опадів була розподілена за місяцями нерівномірно. Наприклад, у квітні випало лише 30 мм опадів, що, власне, і створило пожежонебезпечну ситуацію на початку травня, коли виникла пожежа. Проте протягом травня випало 93,2 мм, тобто значно більше, ніж в попередньому місяці. Саме завдяки цьому місяцю й надзвичайно дощовому вересню, коли випало майже 110 мм опадів, вегетаційний період за кількістю опадів і ГТК (1,5) можна було вважати нормальним. Водночас літні місяці відзначалися посушливими умовами. Так, ГТК в літні місяці становив

0,6–0,9. Серпень 2013 р. виявився посушливим: випало лише 37 мм опадів. Як наслідок, радіальний приріст знизився й на контролі – із 0,98 мм/рік у 2012 р. до 0,88 мм/рік у 2013 р., тобто на 27 %.

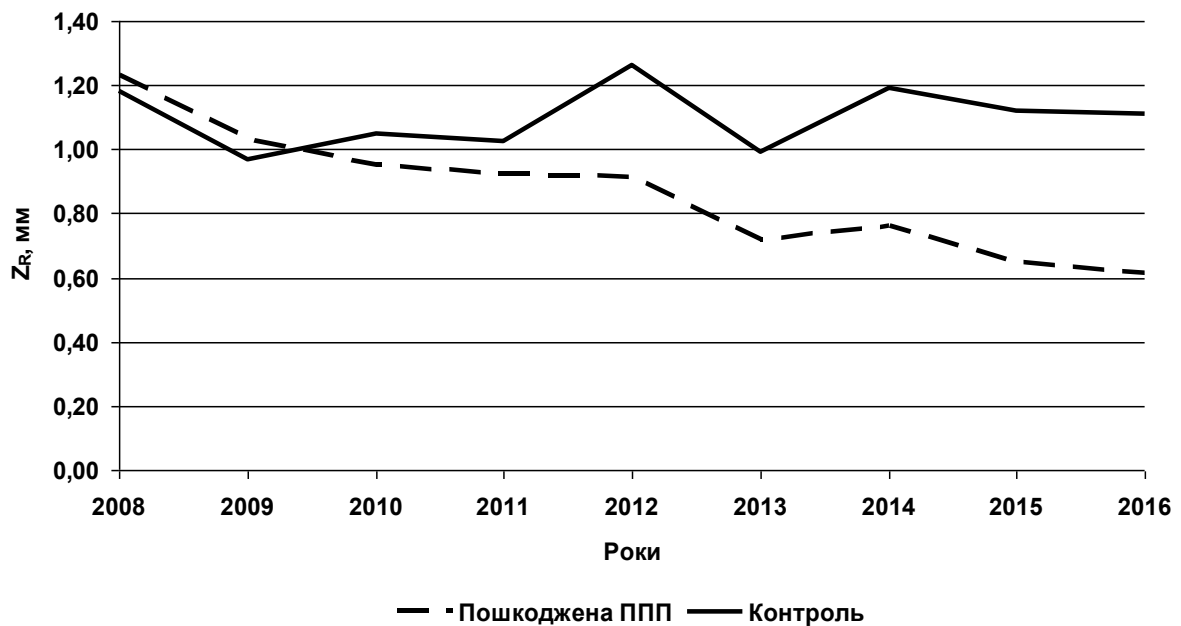


Рис. 6.7 Динаміка радіального приросту (Z_R) у пошкоджену сосняку, та контролі

Особливо суттєве зниження приросту відбулося в пошкоджену пожежею сосняку. Радіальний приріст знизився із 0,87 мм у 2012 р. до 0,64 мм/рік у 2013 р. Проти контролю це становило лише 73 %.

Погодні умови вегетаційного періоду 2014 р. були сприятливішими (табл. А.2). Завдяки цьому на контролі приріст збільшився до 1,08 мм/рік, тобто на 20 % проти 2013 р. Менш відчутними були позитивні зміни в пошкоджену пожежею деревостані (всього на 4 %).

Ситуація різко погіршилася в 2015–2016 рр. Вегетаційний період 2015 р. за кількістю опадів був аномально сухим, а 2016 р. – сухим. ГТК 0,7–0,8 свідчить про посуху протягом вегетаційних періодів цих років. Особливо посушливим був серпень 2015 р., коли випало лише 5,9 мм опадів (табл. А.2). Унаслідок такої аномальності погодних умов радіальний приріст на контролі у 2015 і 2016 рр. знизився до 1,05 мм/рік, або на 6–7 %. Особливо відчутне падіння приросту сталося в пошкоджену сосняку: у 2015 р. на 17 % і у 2016 на 25 %, якщо порівняти з 2014 р.

На контролі товщина ранньої деревини в період 2008–2012 рр. коливалася від 0,51 до 0,68 мм/рік, а пізньої – від 0,33 до 0,48 мм/рік.

У пошкодженому сосняку діпазони товщини були близькими до контролю: ширина зони ранньої деревини становила від 0,51 до 0,71, пізньої – від 0,34 до 0,54 мм/рік. Середні значення ширини зони ранньої деревини за цей період в обох сосняках були однаковими, а пізньої – трохи більшими на контролі. Мінімальні значення зареєстровано в сухі 2009 та 2011 рр.

До пожежі (2009–2012 рр.) різниця між середніми показниками річної деревини пошкодженого та контрольного соснових насаджень була достовірною ($t_{\text{факт}} = 0,71$; $t_{\text{теор}} = 2,06$; $p = 0,05$). Для 2013–2016 рр. відповідні показники стали значущими ($t_{\text{факт}} = 8,03$; $t_{\text{теор}} = 2,06$; $p = 0,05$).

На контролі товщина ранньої та пізньої деревини у післяпожежний період дещо зросла (від 2 до 9 %), якщо порівняти з допожежним. У пошкодженому пожежею сосняку товщина шарів ранньої та пізньої деревини зменшилася (на 49 та 21 % відповідно, табл. 6.4).

Таблиця 6.4

Радіальний приріст у пошкодженому сосняку та на контролі

ПП	Вид деревини	Товщина шарів деревини, мм		Достовірність різниці до та після пожежі		Зміна приросту 2013–2016 рр. проти 2009–2012 рр., %
		до пожежі 2009–2012 рр.	після пожежі 2013–2016 рр.	$t_{\text{факт}}$	$t_{\text{теор}}$	
Пошкоджена	Річна	0,93	0,63	2,39*	2,06	-32
	Пізня	0,37	0,19	2,36*	2,06	-49
	Рання	0,56	0,44	1,59	2,06	-21
Контроль	Річна	0,96	1,01	0,05	2,15	+5
	Пізня	0,40	0,42	0,08	2,10	+5
	Рання	0,56	0,60	0,12	2,12	+7

*Різниця достовірна на 5%-му рівні значущості.

У результаті пожежі, яка сталася на початку травня 2013 р., товщина шару ранньої деревини зменшилася проти 2012 р. з 0,51 до 0,47 мм, тобто на 8 % (рис. 6.8). Водночас відбулося суттєве зменшення товщини шару пізньої деревини – до 0,17 мм/рік, що було в 2,1 разу меншим, якщо порівняти з 2012 р. (рис. 6.9). Цьому сприяло те, що липень і серпень були посушливими (ГТК становив 0,6 і 0,9) і за ці місяці випало відповідно 62 і 57 % опадів від

багаторічної норми (табл. А.3). Хоча обидва деревостани в цей період мали мінімальний приріст, у пошкодженому сосняку він був в 1,9 рази меншим.

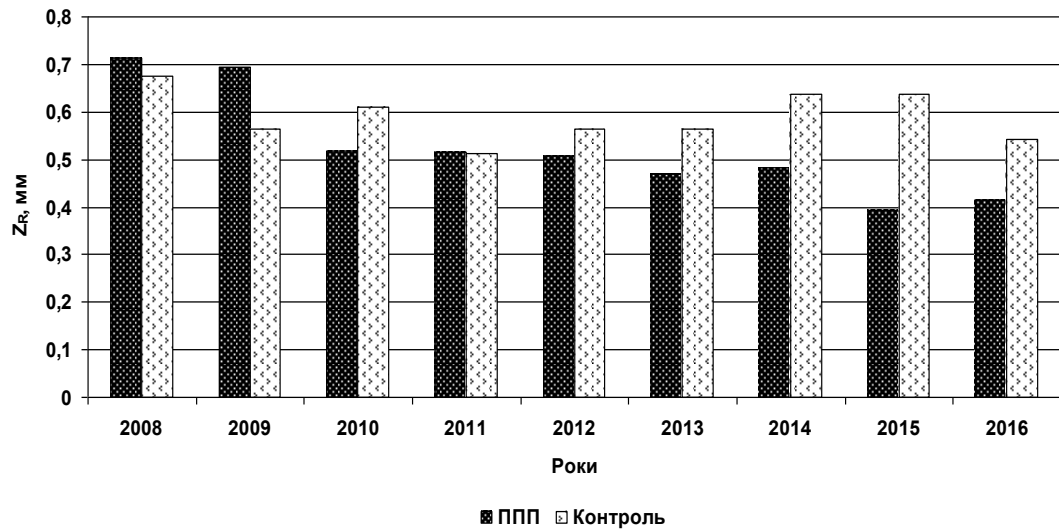


Рис. 6.8 Динаміка товщини ранньої деревини (Z_R) у 50-річному сосновому деревостані, пошкодженому пожежею, та контролі

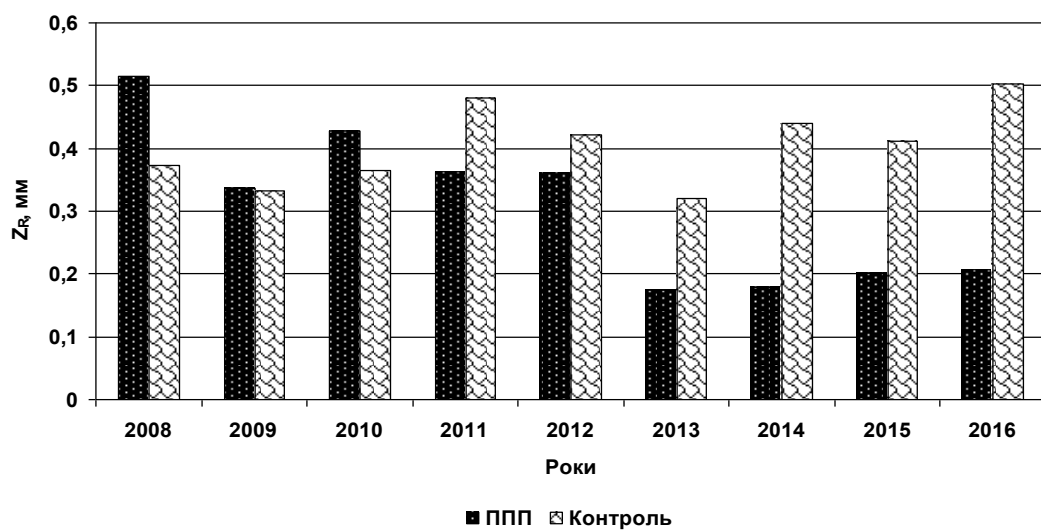


Рис. 6.9 Динаміка товщини пізньої деревини (Z_R) у 50-річному сосновому деревостані, пошкодженому пожежею, та контролі

У наступні роки товщина шарів пізньої деревини коливалася від 0,16 до 0,21 мм/рік, що було в 2,0–2,8 рази меншим, ніж на контролі. На цей показник суттєво вплинула аномальність погодних умов 2015 та 2016 рр.

Якщо до пожежі в досліджуваному деревостані частка пізньої деревини перебувала в межах від 32,7 до 45,7 % від загальної товщини річного кільця, що було близьким до контролю (від 35,6 до 48,4 %), то після пожежі вона знизилася до 27,0–33,7 % (на контролі 36,1–48,1 %). Тобто пізня деревина виявилася більш чутливою до пошкодження пожежею, про що свідчать

різниці середніх значень шарів пізньої деревини в період до початку пожежі та після неї на пошкодженій ПП (див. табл. 6.4).

Аналіз радіального приросту дерев за категоріями санітарного стану показав різке його зменшення: для дуже ослаблених дерев – на 32 %, для усихаючих – на 18 % (рис. 6.10).

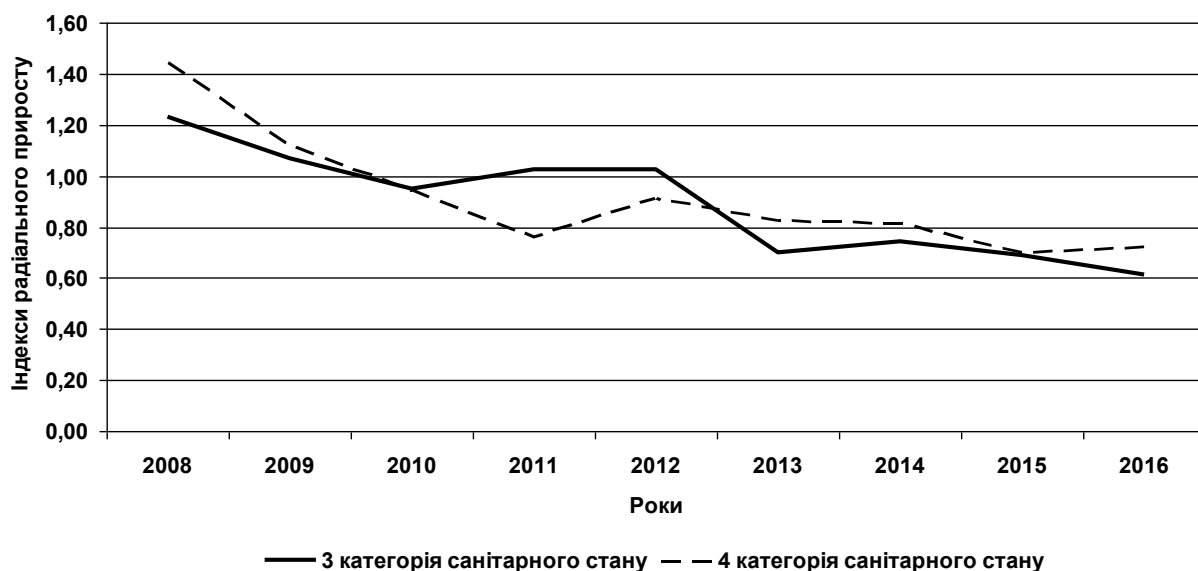


Рис. 6.10 Динаміка радіального приросту дерев різних категорій санітарного стану в пошкодженому сосняку

Наступного 2014 р., який був нормальним за кількістю опадів, відбулося деяке збільшення радіального приросту в дуже ослаблених дерев, але в усихаючих дерев зниження радіального приросту тривало. У 2015 та 2016 рр. зменшення радіального приросту відбулося в дерев усіх рівнів пошкодження (див. рис. 6.10). 2015 р. відзначався аномально сухим вегетаційним періодом, а 2016 р. виявився аномально сухим (ГТК становив 0,8 для 2015 р. та 0,7 для 2016 р.) (табл. А.3).

У 2013 р. погіршення стану дерев було зафіксовано вже за висоти нагору в 1 м. Частка свіжого сухостою досягала 25 %. Про активний хід процесу всихання свідчить також значна частка «всихаючих» дерев (табл. 6.5). Цей процес вплинув на радіальний приріст, бо дерева, які залишилися живими, отримали більше поживних речовин та кращі умови освітлення за рахунок дерев, які всохли.

Таблиця 6.5

Розподіл дерев за категоріями стану та висотою нагару в пошкодженному сосняку

Висота нагару, м	Розподіл за категоріями стану, %						Загалом	I _c
	I	II	III	IV	V	VI		
1,0	0,0	0,0	3,8	1,9	5,8	0,0	11,5	4,2
1,5	0,0	0,0	5,8	3,8	9,6	0,0	19,2	4,2
2,0	0,0	0,0	7,7	5,8	3,8	0,0	17,3	3,8
2,5	0,0	0,0	1,9	23,1	0,0	0,0	25,0	3,9
3,0	0,0	0,0	0,0	9,6	1,9	0,0	11,5	4,2
3,5	0,0	0,0	0,0	9,6	3,8	0,0	13,5	4,3
4,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	1,9	4,0
Загалом	0,0	0,0	19,2	55,8	25,0	0,0	100,0	4,1

Виявлено сильну кореляційну залежність між індексами радіального приросту сосни та висотою нагару на стовбурах на 5%-му рівні значущості ($r = 0,79$; $t_{\text{факт}} = -2,72$; $t_{\text{теор}} = 2,46$), яку описує крива другого порядку (рис. 6.11).

Сильні негативні зв'язки між індексами радіального приросту та мінімальною висотою нагару на стовбурі свідчать про залежність величин шарів річної деревини від рівня нагару.

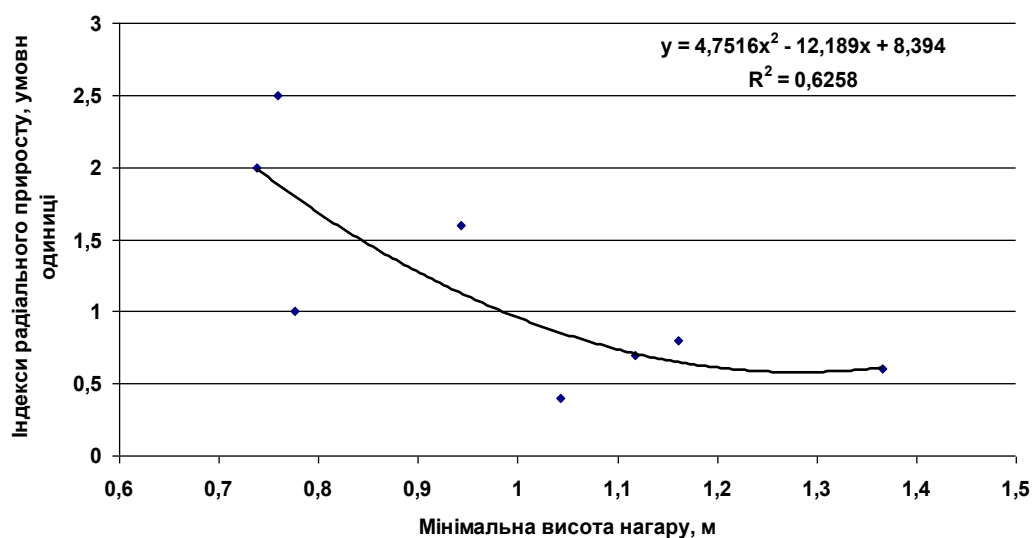


Рис. 6.11 Залежність індексів радіального приросту дерев від висоти нагару на стовбурах на пошкодженій пожежею ППП 30 у Рокитнівському лісництві

У рік пожежі депресію радіального приросту зареєстровано для дерев усіх класів Крафта. У надпанівних дерев приріст зменшився на 35 %, у панівних – на 25, співпанівних – на 36 %. У наступному 2014 р. радіальний приріст збільшився в надпанівних (на 16 %) та співпанівних (на 3 %) дерев. У панівних дерев зафіксовано низький приріст у 2014–2015 рр., який зменшувався на 42 %, починаючи з 2015 р. Тобто протягом останніх двох років (2015–2016 рр.) приріст усіх дерев невпинно знижувався (рис. 6.12).

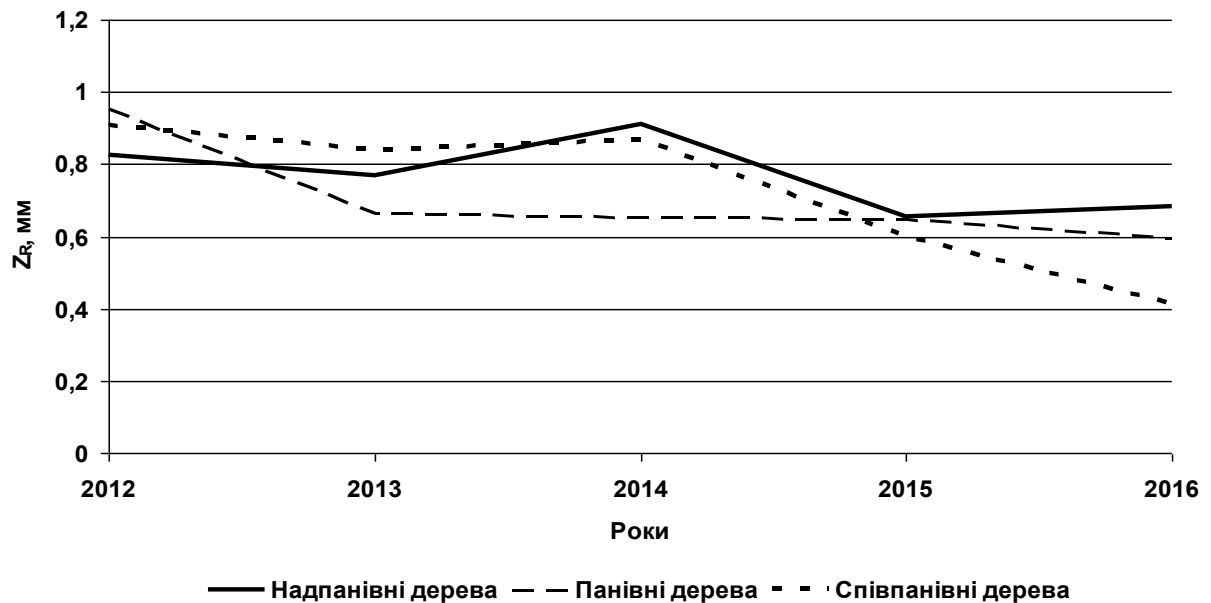


Рис. 6.12 Динаміка радіального приросту сосни (Z_R) в пошкодженному сосняку за класами Крафта

6.2. Пірогенні зміни товарності сосняків Полісся

Сосняки Полісся відзначаються високою товарністю. Її оцінюють як за часткою ділової деревини, так і за часткою ділових стовбурів. Згідно з даними лісовпорядкування, частка ділових стовбурів до пожежі на закладених ППП становила від 70 до 89 % (табл. 6.6).

Погіршення стану сосняків унаслідок пожеж призводить до зміни товарності. Так, майже на всіх ППП, які були пошкоджені пожежею в роки з великою кількістю опадів, вихід ділової деревини знизився із 70–75 до 14–37 % (табл. 6.6). Дещо меншим він був на ППП 33 та 26. Значне зниження зафіксовано через два роки після пожежі.

Таблиця 6.6

Частка ділових стовбурів та ділової деревини в пошкоджених сосняках

ПП	Л-во	Кв.	Вид.	Період після пожежі, місяців	I _c	H _{наг.} , м	Ділова деревина, %	Ділові стовбури, %	
								за фактом	за таксаційним описом
Пожежі 2012–2013 рр.									
31К	РКТ	31	8	–	2,3	–	75,4	75,1	70
37К	КЛВ	70	28	–	1,9	–	91,2	94,0	90
24	Нем	19	3	15	4,4	1,02	37,3	29,6	70
				27	4,7		2,3	1,0	
27	Нем	19	9	15	4,9	1,14	160,	16,5	70
				27	4,9		10,4	11,3	
25	Нем	19	3	15	3,5	1,22	44,5	39,5	70
				27	4,2		18,9	17,3	
30	РКТ	21	42	12	3,8	1,51	140,0	16,5	70
				27	4,4		10,7	9,8	
26	Нем	19	7	15	3,5	1,56	66,7	54,5	70
				27	3,8		28,8	25,3	
33	РКТ	21	42	12	3,6	2,17	71,2	54,4	70
				27	4,3		45,0	28,2	
Пожежі 2015 р.									
52	БЛВ	31	25	1	3,3	0,83	86,1	83,0	86
				13	4,1		50,2	47,0	
55	Люб	17	6	1	3,3	0,31	82,6	80,0	80
				13	4,9		3,8	5,0	
56	Люб	17	7	1	3,5	0,61	85,8	66,0	80
				13	5,1		2,5	3,0	
58	Люб	2	9	1	3,0	0,88	87,7	92,0	89
				13	3,2		75,4	74,0	
54	Люб	17	20	1	3,4	1,06	95,5	88,0	80
				13	5,1		0	0	
53	Стр	106	7	1	3,1	1,09	84,2	86,0	80
				13	4,8		19,6	23,0	
59	Мащ	82	28	1	3,1	1,13	80,8	81,0	80
				13	3,7		70,9	78,0	
49	БЛВ	38	14	1	4,8	1,59	23,3	13,0	70
				13	4,4		15,3	10,0	
47	БЛВ	38	14	1	4,0	2,16	77,1	68,0	77
				13	4,3		26,3	25,0	
57	Люб	2	10	1	3,3	2,2	89,3	84,0	89
				13	4,3		40,9	41,0	
50	БЛВ	31	9	1	4,5	2,5	83,2	75,0	83
				13	4,6		51,7	41,0	
51	БЛВ	31	25	1	3,7	2,6	83,6	78,0	83
				13	4,6		30,3	26,0	

У вересні аномально сухого 2015 р. у сосняків, що були пошкоджені пожежею влітку, незважаючи на їхній катастрофічний стан, суттєвих змін товарності ще не відбувалося. У цей час вихід ділової деревини становив 77–95 %. Значне зменшення виходу ділової деревини сталося лише в наступному році. На більшості ППП частка ділової деревини становила лише 19–40 %. Частка ділових стовбурів з 68–92 % у 2015 р. знизилася до 25–47 % у 2016 р. Водночас помічено дві суттєві відмінності. На ППП 58 і 59 (слабка та середня інтенсивність пожежі) індекс санітарного стану зріс із 3,0–3,1 до 3,2–3,7, водночас вихід ділової деревини знизився з 87–81 лише до 70–75 %. Зазначимо, що на трьох ППП (54–56), де висота нагару на стовбурах становила 0,31 і 1,06 м (середній і слабкий ступінь пожежі), частка ділової деревини знизилася за цей період з 83–96 до 0–4 %. Таке стрімке погіршення товарності пов'язане з інтенсивним заселенням пошкоджених дерев стовбуровими шкідниками.

Встановлено (рис. 6.13) обернену достовірну кореляційну залежність між I_c та часткою виходу ділових стовбурів ($r = 0,77$; $n = 38$; $p = 0,05$).

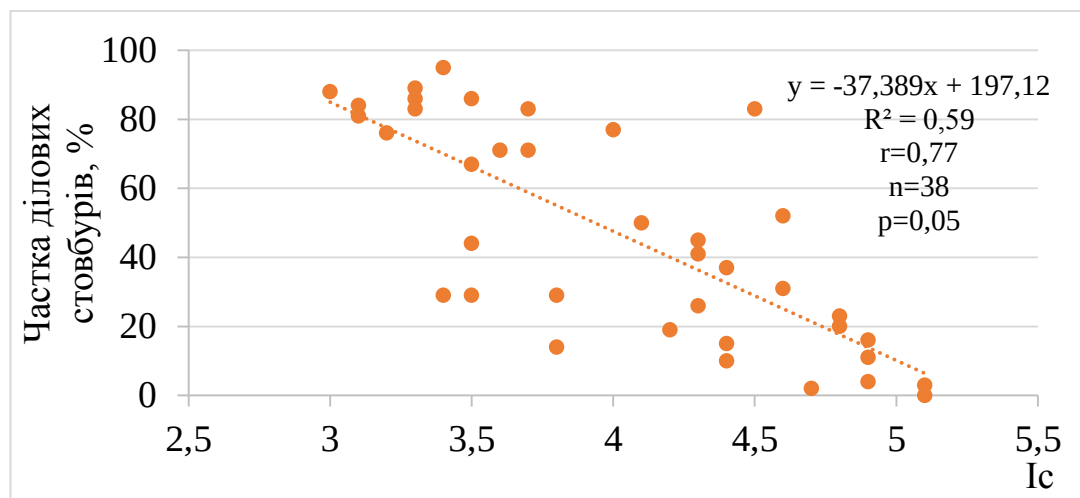


Рис. 6.13 Частка ділових стовбурів на ППП залежно від стану сосняків

Між інтенсивністю пожежі (вираженою через середню висотою нагару на стовбурах дерев) та виходом ділової деревини впродовж року після пожежі встановлено пряму достовірну кореляційну залежність ($r = 0,32$; $n = 19$; $p = 0,05$). Зі збільшенням інтенсивності пожежі (висоти нагару на

стовбурах) та погіршенням стану насадження зменшується вихід ділової деревини насаджень, пошкоджених низовими пожежами (рис.6.14).

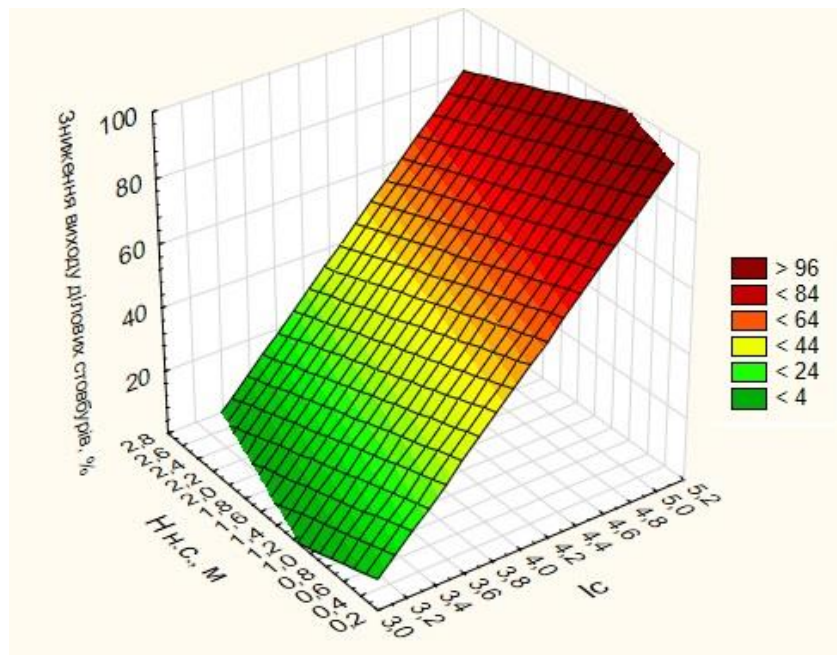


Рис. 6.14. Взаємозалежність частки виходу ділової деревини, середньої висоти нагару ($H_{н.с.}$) та стану насаджень, пошкоджених пожежами (I_c)

Висновки до розділу

1. У пошкоджених пожежею сосняках одночасно з погіршенням стану дерев відзначено сильну депресію радіального приросту: проти періоду до пожежі приріст зменшився на 32 %, товщина шару ранньої деревини зменшилася на 21 %, пізньої деревини – на 49 %.

2. Депресія радіального приросту дерев посилювалася в аномально сухі роки. Через аномальність погодних умов вегетаційного періоду у 2015 і 2016 рр. радіальний приріст на контролі знизився, але особливо відчутне зменшення приросту відзначено в пошкодженому пожежею сосняку: у 2015 р. – на 17 %, у 2016 р. – на 25 % проти 2014 р. Товщина шарів пізньої деревини була в 2,0–2,8 разу меншою, ніж на контролі.

3. У вегетаційні періоди зі сприятливими погодними умовами на контролі зафіксовано підвищення приросту на 20 %. Менш відчутними були позитивні зміни в пошкодженому пожежею деревостані (збільшення на 4 %).

4. Пізня деревина виявилася більш чутливою до пошкодження пожежею, про що свідчать різниці середніх величин шарів пізньої деревини в період до початку пожежі та після неї в пошкодженому сосняку. До пожежі в пошкодженому деревостані частка пізньої деревини становила від 32,7 до 45,7 % від загальної товщини річного кільця, що було близьким до контролю (від 35,6 до 48,4 %). Після пожежі вона знизилася до 27,0–33,7 % (на контролі – 36,1–48,1 %).

5. У рік пожежі радіальний приріст дуже ослаблених дерев зменшився на 32 %, всихаючих – на 18 %. У дерев I класу Крафта він зменшився на 35 %, II класу Крафта – на 25 %, III класу Крафта – на 36 %. У пошкодженому сосняку не спостерігали відновлення приросту в дерев всіх категорій стану та класів Крафта. Тобто протягом останніх двох років (2015–2016 рр.) приріст всіх дерев невинно зменшувався.

6. В 50-річному чистому сосняку Рокитнівського лісництва після пожежі водночас із погіршенням стану дерев почалася депресія радіального приросту, яка триває до цього часу, посилюючись в аномально сухі періоди. У ослаблених дерев зменшення радіального приросту становило 44 %, у дуже ослаблених – 49 %, у всихаючих – 75 %:

7. Погіршення стану сосняків унаслідок пожеж призвело до зміни товарності. У роки з великою кількістю опадів вихід ділової деревини зменшився із 70–75 до 14–37 %, а значне його зниження (до 10–18 %) зафіксовано через два роки після пожежі.

8. Хоча стан сосняків, пошкоджених пожежею влітку аномально сухого 2015 р., був катастрофічним, у вересні суттєвих змін товарності ще не було зареєстровано. Значне зниження частки ділової деревини із 77–95 до 19–40 % спостерігали у 2016 р. Суттєве погіршення товарності до 0–4 % пов'язане з інтенсивним заселенням стовбуровими шкідниками.

Результати досліджень, що представлені у цьому розділі, висвітлено в публікаціях [51, 52, 194].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі охарактеризовано та кількісно оцінено тенденції виникнення пожеж і наведено результати досліджень щодо пошкодження та постпірогенного розвитку сосняків у Волинському Поліссі. За результатами аналізу зроблено такі висновки:

1. Зростання частоти років із аномальним підвищенням температури повітря й кількості посушливих днів суттєво загостило пірологічну ситуацію у Волинському Поліссі, для якого характерна значна частка пожежонебезпечних сосняків.

2. На основі аналізу бази даних випадків займань встановлено їхні просторові та часові тенденції, зокрема періоди пожежних максимумів і піку, а також залежність виникнення пожеж від погодних та лісорослинних умов і характеристик сосняків.

3. Особливу пірогенну загрозу для соснових лісів Полісся становить накопичення значних запасів підстилки (від 117 до 862 ц/га) як основного компонента лісових горючих матеріалів. У сухі та аномально сухі роки навіть у вологих і мокрих гігротопах створюється надзвичайно висока пожежна небезпека.

4. Виявлено особливості формування підстилки соснових насаджень:

- зі зростанням віку насаджень збільшуються запас і щільність підстилки;
- найбільші запаси підстилки у вологих гігротопах і в суборах;
- загальна маса й маса окремих шарів підстилки збільшуються з віком сосняків і зменшуються у міру віддалення від стовбура;
- найменшою є мортмаса у верхньому шарі підстилки, найбільшою – у нижньому.

5. Тривалість і температура горіння збільшуються зі зростанням запасів лісової підстилки. Углиб профілю швидкість і температура горіння лісової підстилки зменшуються внаслідок збільшення безструктурної мортмаси.

6. У міру висихання підстилки швидкість і температура її горіння зростають. Збільшенню температури й швидкості горіння підстилки також сприяє посилення потоків повітря.

7. Нагрівання ґрунтів під час низових пожеж має поверхневий характер. Піщані ґрунти прогріваються сильніше й глибше, ніж суглинисті, а сухі – сильніше, ніж вологі.

8. Завдяки високому вмісту лужних металів у попелі значення рН верхнього гумусового горизонту ґрунтів зростає до 4,35–4,50. Сума їхніх водних форм зростає в 3,7–7,7 разу, а місткість катіонного обміну – у 2,0–2,3 разу. Водночас лужні катіони доволі швидко вимиваються опадами.

9. В умовах Полісся за кількості опадів, близької до багаторічного рівня, при низових пожежах домінує пошкодження стовбура. Особливо катастрофічними є наслідки пожеж в аномально сухі роки, коли відбувається пошкодження крони конвективними потоками гарячого повітря. У вологих і сирих гігротопах до загибелі сосняків приводить пошкодження коренових систем і лап. Летальним для розвитку сосняків є пошкодження:

- конвективними потоками – 2/3 крони дерев;
- тепловипромінюванням – стовбура за товщини кори менше ніж 3 мм;
- теплопровідністю – поверхневої кореневої системи й коренових лап.

10. Погіршення стану сосняків супроводжувалося депресією радіального приросту дерев, яка особливо посилюється в сухі періоди. При цьому пізня деревина сильніше реагує на пошкодження вогнем.

11. Пірогенне погіршення стану сосняків унаслідок пожеж призводить до зниження частки ділових стовбурів із 70–89 до 14–37 %. Через два роки після пожежі вихід ділової деревини знижується до 10–18 %.

12. Вихід ділової деревини в сосняках, пошкоджених пожежами, зменшується зі збільшенням висоти нагару на стовбурах і погіршенням стану насадження. Суттєве погіршення товарності (до 4 %) пов'язане з інтенсивним заселенням дерев стовбуровими шкідниками.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Під час проектування та здійснення протипожежних заходів у сосняках Волинського Полісся необхідно враховувати виявлені передумови та особливості виникнення лісових пожеж:

- періоди пожежних максимумів – квітень – вересень, пожежний пік – травень;
- найбільше пошкоджуються сосняки в борових типах лісорослинних умов;
- найвищою горимістю вирізняються молодняки та середньовікові сосняки;
- найбільшу кількість пожеж зафіксовано за відстані до 4 км від населеного пункту і до 2 км від дороги.

Оцінюючи ризик виникнення пожеж у сосняках, необхідно визначати показник горимості в перерахунку на площу сосняків, а не на всю площу лісового фонду.

Для обмеження поширення пожеж необхідно порушувати безперервність лісових горючих матеріалів:

- у горизонтальній зоні – шляхом зменшення скупчень поверхневих лісових горючих матеріалів і створенням протипожежних бар'єрів;
- у вертикальній зоні – через збільшення відстані від поверхневих лісових горючих матеріалів до основи крон.

Особливу увагу в аномально сухі та сухі роки слід приділяти соснякам із великими запасами підстилки.

Для зменшення пірогенних втрат від зниження товарності деревини необхідне своєчасне діагностування стану сосняків та планування лісівничих заходів відповідно до виду та летального рівня їхнього пошкодження вогнем. При цьому доцільно використовувати запропоновані таблиці пірогенного відпаду дерев для сосняків у Волинському Поліссі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абаимов А. П., Прокушкин С. Г., Суховольский В. Г., Овчинникова Т. М. Оценка и прогноз послепожарного состояния лиственницы Гмелина на мерзлотных почвах Средней Сибири. Лесоведение. 2004. № 2. С. 3–11.
2. Абрамов Ю. А., Росоха В. Е., Тарасенко А. А. Влияние пространственных флуктуаций пирологических параметров среды на интегральные характеристики низового лесного пожара и условия его тушения. Харьков : АГЗ Украины, 2004. 142 с.
3. Александрова Л. Н. Органическое вещество и процессы его трансформации. Л. : Наука, 1980. 287 с.
4. Амельчугов С. П., Андреев Ю. А., Груманс В. М., Осавелюк П. А. Метод экспертно-статистической оценки лесопожарных рисков. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 201–204.
5. Амосов Г. А. Некоторые закономерности развития лесных низовых пожаров. Возникновение лесных пожаров. М. : Наука, 1964. С. 152–183.
6. Амосов Г. А. Некоторые особенности горения при лесных пожарах. Л. : ЛенНИИЛХ, 1958. 29 с.
7. Андреев Ю. А., Амельчугов С. П., Комаров С. Ю. Возникновение и предупреждение пожаров на объектах Сибири и Дальнего Востока. Сибирский вестник пожарной безопасности. 1999. № 1. С. 22–46.
8. Андреев Ю. А., Амельчугова С. В. Общие закономерности возникновения пожаров в лесу и населенных пунктах. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 35–37.
9. Арефьева З. Н., Колесников Б. П. Динамика аммиачного азота в лесных почвах Зауралья при высоких и низких температурах. Почвоведение. 1963. № 3. С. 30–45.
10. Арцыбашев Е. С. О влиянии пожаров на лесные экосистемы. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 89–91.

11. Арцыбашев Е. С. Охрана лесов от пожаров в США. Обзорн. информ. М. : ЦБНТИ лесхоз, 1979. 28 с.
12. Арцыбашев Е. С. Планирование, организация и техника борьбы с лесными пожарами. Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2014. № 3. С. 56–62.
13. Атраментова Л. О., Утєвська О. М. Біометрія. Ч. II. Порівняння груп і аналіз зв'язку : підручник. Харків : Ранок, 2007. 176 с.
14. Бабиченко В. Н., Рудышина С. Ф., Бондаренко З. С., Гущина М. Л. Температура воздуха на Украине. Л. : Гидрометеиздат, 1987. 400 с.
15. Барретт К. Неудача послепожарного восстановления в лесах Южной Сибири. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 29–31.
16. Барталев С. А., Егоров В. А., Крылов А. М., Стыценко Ф. В., Ховратович Т. С. Исследование возможностей оценки состояния поврежденных пожарами лесов по данным многоспектральных спутниковых измерений. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 3. С. 215–225.
17. Барталев С. А., Стыценко Ф. В., Егоров В. А., Лупян Е. А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров. Лесоведение. 2015. № 2. С. 83–94.
18. Безкоровайная И. Н., Иванова Г. А., Тарасов П. А., Богородская А. В. Пирогенная трансформация почв сосняков средней тайги Красноярского края. Сибирский экологический журнал. 2005. № 1. С. 143–152.
19. Безкоровайная И. Н., Тарасов П. А., Краснощекова Е. Н. Экологическое состояние почв после пожаров в сосняках средней тайги Красноярского края. Вестник КрасГАУ. 2006. № 13. С. 178–183.
20. Беляев А. Б., Горбунова Ю. С., Девятова Т. А. Влияние пирогенного фактора на свойства почв Усманского бора. Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования : сб. ст. 6-го съезда общества почвоведов : Всерос. конф. с междунар. участием: школа-семинар для молодых ученых «Знания о почве – развитию страны». Петрозаводск, 2012. Кн. 1. С. 400–401.

21. Битвинскас Т. Т. Дендроклиматические исследования. Л. : Гидрометеиздат, 1974. 170 с.
22. Борисенко О. І. Прогнозування поширення пожеж та осередків шкідливих комах у соснових лісах засобами ГІС : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.03.03 «Лісознавство і лісівництво». Харків, 2018. 23 с.
23. Борсук О. А. Комплексна оцінка пожежної небезпеки лісів зони відчуження Чорнобильської АЕС. Науковий вісник НУБіП України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. 2013. Вип. 187(3). С. 167–176.
24. Брюханов А. В., Панов А. В., Сиденко Н. В. Влияние индивидуальных особенностей деревьев на их устойчивость к низовым пожарам в условиях Центральной Сибири. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 38–39
25. Бунь Р. А., Галюк О. П. Моделювання та просторовий аналіз емісії парникових газів в результаті лісових пожеж в Україні. Пожежна безпека. 2009. № 14. С. 12–19.
26. Буряк Л. В., Иванов В. А., Кукавская Е. А. Оценка природной пожарной опасности и ее динамики. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 40–41
27. Валендик Э. Н. Ветер и лесной пожар. М. : Наука, 1968. 119 с.
28. Валендик Э. Н. Дистанционные методы в решении проблемы лесных пожаров. Исследование таежных ландшафтов. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 168–182.
29. Валендик Э. Н. Пожары как постоянно действующий природный фактор в бореальных лесах Евразии. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 15–18.

30. Валендик Э. Н., Векшин В. Н., Верховец С. В., Забелин А. И., Иванова Г. А., Кисляхов Е. К. Управляемый огонь на вырубках в темнохвойных лесах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 209 с.
31. Валендик Э. Н., Иванова Г. А. Пожарные режимы в лесах Сибири и Дальнего Востока. Лесоведение. 2001. № 4. С. 69–73.
32. Валендик Э. Н., Кисляхов Е. К., Пономарев Е. И., Косов И. В., Лобанов А. И. Степные пожары: проблемы и инновационные пути их решения. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 42–43.
33. Валендик Э. Н., Матвеев П. М., Софронов М. А. Крупные лесные пожары. М. : Наука, 1979. 198 с.
34. Валендик Э. Н., Сухинин А. И., Кисляхов Е. К., Хребтов Б. А. Мониторинг лесных пожаров. Исследование лесов аэрокосмическими методами. М. : Наука, 1987. С. 118–135.
35. Валендик Э. Н., Сухинин А. И., Косов И. В. Влияние низовых пожаров на устойчивость хвойных пород. Красноярск, 2006. 98 с.
36. Вараксин Г. С., Цветков П. А. Технология выращивания пожароустойчивых хвойных культур. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 208–210.
37. Воинов Г. С., Софронов М. А. Прогнозирование отпада в древостоях после низовых пожаров. Современные исследования типологии и пирологии леса. Архангельск : АИЛиЛх, 1976. С. 115–121.
38. Волокитина А. В., Корец М. А., Софронова Т. М. Управление действующими лесными пожарами : методические рекомендации. Красноярск, 2012. 78 с.
39. Волокитина А. В., Софронов М. А. Классификация растительных горючих материалов. Лесоведение. 1996. № 3. С. 38–44.
40. Волокитина А. В., Софронова Т. М. Защита населенных пунктов от лесных пожаров : практические рекомендации. Красноярск, 2011. 71 с.

41. Волокитина А. В., Софронова Т. М., Корец М. А. Региональные шкалы оценки пожарной опасности в лесу: усовершенствованная методика составления. Сибирский лесной журнал. 2017. № 2. С. 52–61.
42. Волокитина А. В., Софронова Т. М., Корец М. А. Совершенствование оценки пожарной опасности в лесу. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 44–45.
43. Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург : Наука, 1994. 280 с.
44. Воробьев Д. В. Методика лесотипологических исследований. К. : Урожай, 1967. 386 с.
45. Ворон В. П. Динаміка забруднення сірих ґрунтів в зоні седиментації викидів пилу ПАТ «Миколаївцемент». Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2014. № 12. С. 176–180.
46. Ворон В. П. Наукові основи діагностики антропогенного пошкодження лісових екосистем. Лісовий журнал. 2011. № 1. С. 24–28.
47. Ворон В. П., Бондарук М. А., Коваль І. М., Целіщев О. Г. Рекомендації щодо комплексної оцінки стійкості рекреаційно-оздоровчих лісів, організації їх моніторингу та оптимізації рекреаційного лісокористування в них. Моніторинг та підвищення стійкості антропогенно порушених лісів : збірник рекомендацій УкрНДІЛГА. Харків : Нове слово, 2011. С. 10–112.
48. Ворон В. П., Борисенко В. Г., Барабаш І. О., Мунтян В. К., Ткач О. М., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є. Вплив теплового випромінювання на лісові ґрунти. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 132. С. 105–114 .
49. Ворон В. П., Борисенко В. Г., Ткач О. М., Мунтян В. К., Барабаш І. О. Параметри горіння підстилки соснових лісів Українського Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2016. Вип. 129. С. 130–138.
50. Ворон В. П., Коваль І. М., Леман А. В. Методичні підходи до вивчення впливу негативних факторів на радіальний приріст сосняків в Поліссі. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2011. № 9. С. 156–161.

51. Ворон В. П., Коваль І. М., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Зміни радіального приросту в пошкодженному пожежею сосновому деревостані в Західному Поліссі. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27. № 9. С. 56–59.
52. Ворон В. П., Коваль І. М., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Постпірогенна динаміка радіального приросту в середньовіковому сосняку Рівненського Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 130. С. 159–168.
53. Ворон В. П., Леман А. В., Стельмахова Т. Ф., Плугатар Ю. В. Пожежі як чинник дестабілізації стану лісів зелених зон міст України. Науковий вісник УкрДЛТУ. 2005. Вип. 15.7. С. 14–25.
54. Ворон В. П., Лещенко В. О., Мельник Є. Є. Залежність виникнення пожеж від типів лісу і деревостанів та їх розвиток після пожеж. Науковий вісник НЛТУ України. 2010. Вип. 20.8. С. 64–71.
55. Ворон В. П., Лещенко В. О., Мельник Є. Є. Порівняльна характеристика тенденцій виникнення пожеж у лісах двох державних підприємств зеленої зони Харкова. Науковий вісник НЛТУ України. 2009. Вип. 19.3. С. 22–28.
56. Ворон В. П., Мельник Є. Є. Пірогенні зміни продуктивності сосняків зеленої зони м. Харків. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 130. С. 169–178.
57. Ворон В. П., Мельник Є. Є. Тенденції виникнення пожеж у лісах зеленої зони міста Харків. Лісівництво і агролісомеліорація. 2009. Вип. 115. С. 207–214.
58. Ворон В. П., Мельник Є. Є., Сидоренко С. Г. Діагностика пошкодження стовбурів сосни при низових пожежах. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. Вип. 22.10. С. 64–68.
59. Ворон В. П., Мельник Є. Є., Сидоренко С. Г. Особливості розвитку сосняків після низових пожеж за різних типів пошкодження дерев. Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.13. С. 28–35.
60. Ворон В. П., Романенко О. І., Лещенко В. О. Опад і підстилка сосняків середньої течії Сіверського Донця як показник антропогенних змін біокругообігу. Лісівництво і агролісомеліорація. 2009. Вип. 116. С. 231–237.
61. Ворон В. П., Сидоренко С. Г. Особенности послепожарного развития сосновых молодняков. Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. трудов ИЛ НАН Беларуси. 2014. Вип. 74. С. 513–523.

62. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є. Динаміка стану соснових молодняків після низової пожежі. Лісівництво і агролісомеліорація. 2013. Вип. 123. С. 170–177.

63. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є., Івашинюта С. В. Особливості розвитку дерев при різних типах пошкодження сосняків після низових пожеж. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2012. № 10. С. 148–154.

64. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є., Ткач О. М. Вивчення тенденцій виникнення та пошкодження лісів пожежами в різних природних зонах України. Лісівнича наука в контексті сталого розвитку : матеріали наук. Конф., присвяченої 150-річчю від дня народження академіка Г. М. Висоцького, 90-річчю від дня народження професора П. С. Пастернака та 85-річчю від дня заснування УкрНДІЛГА (Харків, 29–30 вересня 2015 р.). Харків: УкрНДІЛГА, 2015. С. 95–97.

65. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Е. Е., Ткач О. Н. Прогнозирование развития сосняков Украины, поврежденных низовыми пожарами. Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития : материалы междунар. научно-практ. конф. (Гомель, 9–11 октября 2013 г.). Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 2013. С. 9–12.

66. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Ткач О. М. Структура підстилки як показник потенційного пожежного ризику в соснових лісах Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 132. С. 115–123.

67. Ворон В. П., Ткач О. М., Мельник Є. Є. Лісівничо-екологічні особливості виникнення пожеж у лісах Рівненщини. Лісівництво і агролісомеліорація. 2013. Вип. 124. С. 146–153.

68. Ворон В. П., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Особенности пирогенного повреждения сосняков Полесья в засушливые годы. Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. трудов ИЛ НАН Беларуси. 2017. Вып. 77. С. 413–424.

69. Ворон В. П., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Особливості пошкодження пожежами лісів у Поліссі. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2016. № 14. С. 38–44.

70. Ворон В. П., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Особливості пошкодження сосняків пожежами в Поліссі. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.10. С. 45–50.

71. Ворон В. П., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Тенденції у післяпожежному розвитку сосняків Рівненщини. Лісівництво і агролісомеліорація. 2014. Вип. 125. С. 181–187.
72. Ворон В. П., Ткач О. М., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є. Запаси підстилки та живого надґрунтового покриву як показник пожежного ризику в соснових лісах Полісся. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2018. № 16. С. 9–16.
73. Воронин В. И., Шубкин Р. Г. Верификация многовековой хронологии лесных пожаров в Байкальском регионе. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 44–46.
74. Воронин В. И., Шубкин Р. Г., Рыморев М. В. Интенсивные лесные пожары в Байкальском регионе. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 48–49.
75. Гайкова О. М., Михайлова Н. І. Методичні рекомендації щодо зниження небезпеки впливу лісових пожеж на арсенали, бази і склади боєприпасів, що розташовані в лісових масивах / УкрНДІПБ МНС України. К., 2011. 63 с.
76. Географічна енциклопедія України. Т 1. Київ : Українська радянська Енциклопедія, 1989. 416 с.
77. Гирс Г. И. Физиология ослабленного дерева. Новосибирск : Наука, 1982. 256 с.
78. Гиряев Д. М. Как уберечь лес от огня. М. : Агропромиздат, 1989. 286 с.
79. Глаголев В. А., Коган Р. М. Модификация региональной шкалы классов пожарной опасности для территории среднего Приамурья (на примере Еврейской автономной области). Региональные проблемы. 2011. Том 14. № 1. С. 48–53.
80. Голубець М. А. Екологічний потенціал наземних екосистем. Львів: Поллі. 2003. – 180 с.
81. Горшенин Н. М. Диченков Н. А., Швиденко А. И. Лесная пирология. Львов : Вища школа, 1981. 160 с.
82. Гришин А. М. Теплофизика лесных пожаров. Томск : Изд-во ТГУ, 1994. 207 с.

83. Гришин А. М., Зима В. П. Об экспериментальном исследовании низовых лесных пожаров в лабораторных условиях. Сопряженные задачи физической механики и экология : тезисы междунар. совещания-семинара. – Томск, 1994. 207 с.
84. Гришин А. М., Фильков А. И. Прогноз возникновения и распространения лесных пожаров. Кемерово : Практика, 2005. 201 с.
85. Гром М. М. Лісова таксація. Львів :РВВ НЛТУ, 2010. 416 с.
86. Гуменюк В. В. Постпірогенне відновлення соснових лісів Поліського природного заповідника : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.03.03 «Лісознавство і лісівництво». Київ, 2016. 26 с.
87. 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. Вип. 25.9. С. 40–46.
88. Гусак О. М. Інформаційна технологія раннього виявлення лісових пожеж. Вісник ЛДУ БЖД. 2017. № 15. С. 33–38.
89. Доррер Г. А. Модель распространения фронта лесного пожара. Теплофизика лесных пожаров : сб. науч. трудов СО АН СССР / под ред. В. Е. Накорякова. Новосибирск, 1984. С. 86–98.
90. Доррер Г. А., Шаталов П. С., Буслов И. А., Яровой С. В. Создание компьютерных моделей лесных пожаров с использованием алгоритмов LARGE EDDY SIMULATOR. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 72–73.
91. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Изд. 5-е [перераб. и доп.]. К. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
92. Евдокименко М. Д. Реакция сосны на огневые воздействия в условиях Забайкалья. Лесоведение. 1986. № 6. С. 46–53.
93. Ершов Д. В., Коровин Г.Н., Подольская А.С. Оценка риска возникновения пожаров от молний по данным грозопеленгации. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 52–53.

94. Жила С. В. Оценка и мониторинг послепожарного изменения фитомассы в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 84–85.

95. Зібцев С. В. Стан охорони лісів від пожеж в Україні та головні напрямки його покращення. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2000. Вип. 25. С. 319–328.

96. Зібцев С. В., Борсук О. А. Охорона лісів від пожеж у світі та в Україні – виклики ХХІ сторіччя та перспективи розвитку. Лісове і садово-паркове господарство. 2012. № 1. С. 49–63.

97. Зібцев С. В., Савущик М. П. Аналіз сучасної лісопожежної обстановки і стану протипожежної охорони радіаційно-забруднених лісів в зонах безумовного та гарантованого відселення. Проблеми екології лісів і лісокористування на Поліссі України : Наукові праці Поліської АЛНДС. Житомир : Волинь, 1998. Вип. 5. С. 138–146.

98. Иванов В. А. Грозоактивность и лесные пожары. Лесные пожары и борьба с ними : сб. научн. трудов. М., 1987. С. 208–217.

99. Иванов В. А. Методологические основы классификации лесов Средней Сибири по степени пожарной опасности от гроз : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра с.-х. наук : спец. 06.03.03 «Лесоведение и лесоводство; лесные пожары и борьба с ними». Красноярск, 2006. 42 с.

100. Иванова Г. А., Иванов В. А., Фридрих И. Е. Оценка и мониторинг последствий воздействия пожаров на компоненты экосистемы сосняков Средней Сибири. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 95–96.

101. Інформаційні технології інвентаризації парникових газів та прогнозування вуглецевого балансу України. За ред. Р. А. Буня. Львів : УАД, 2004. 376 с.

102. Исаев А. С. Задачи изучения лесов с использованием аэрокосмических средств. Исследование таежных ландшафтов дистанционными методами. Новосибирск : Наука, 1979. С. 3–10.

103. Исаев А. С. Лиственничные горельники в Амурской области как очаги массового размножения стволовых вредителей. Материалы плано-метод. совещания по защите растений зоны Сибири и Урала. Новосибирск, 1961. С. 207–221.

104. Исаев А. С., Коровин Г. Н. Крупномасштабные изменения в бореальных лесах Евразии и методы их оценки с использованием космической информации. Лесоведение. 2003. № 2. С. 3–9.

105. Калинин М. И. Моделирование лесных насаждений (биометрия и стереометрия). Львов : Вища школа, 1978. 207 с.

106. Калинин М. И. Формирование корневой системы деревьев. М. : Лесн. пром-сть, 1983. 152 с.

107. Качинський А. Б., Лавриненко С. І. Порівняльний аналіз стану навколишнього середовища України та окремих держав світу. Стратегічна панорама. 1999. №4. С. 140–149.

108. Кобечинская В. Г., Отурина И. П. Экологические последствия воздействия пожаров на растительный покров горного Крыма. Вопросы биоиндикации и экологии / [ред. колл. В. П. Бессонова и др.]. Запорожье : ЗГУ, 1997. Вып. 2. С. 28–31.

109. Коваль І. М., Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Бологов О. Ю., Мельник Є. Є., Ткач О. М., Невмивака М. А., Воронін В. О. Дендрохронологічні аспекти післяпірогенного розвитку соснових насаджень в Поліссі та Лісостепу. Охорона довкілля : зб. наук. статей XIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. С. 28–31.

110. Козлов В. Н., Коршун Н. А. Водный аэрозоль для искусственного вызывания осадков на лесных территориях. Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы : материалы Междунар. научно-техн. юбилейной конф., посвященной 100-летию кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства (Воронеж, 21–22 мая 2015 г.). Воронеж, 2015. С. 51–54.

111. Козлов В. Н., Коршун Н. А. Физические и экономические оценки искусственного вызывания осадков для защиты лесов от пожаров. Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы : материалы Междунар. научно-техн. юбилейной конф., посвященной 100-летию кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства (Воронеж, 21–22 мая 2015 г.). Воронеж, 2015. С. 59–62.
112. Конев Э. В. Математическая модель горения лишайникового напочвенного покрова. Вопросы лесной пирологии. Отв. ред. Курватский Н. П., Конев Э. В. Красноярск, 1972. С. 52–76.
113. Конев Э. В. Физические основы горения растительных материалов. Новосибирск : Наука, 1977. 239 с.
114. Коровин Г. Н., Андреев Н. А. Авиационная охрана лесов. М. : Агропромиздат, 1988. 223 с.
115. Коровин Г. Н. Самусенко И. Ф., Поломина З. С., Гришман З. М., Вонский С. М., Жданко В. Л. Оценка пожарной опасности в лесу и расчет параметров лесных пожаров на ЭВМ: методические указания. Л. : ЛенНИИЛХ, 1977. 64 с.
116. Косов И. В. Устойчивость хвойных пород к воздействию лесных пожаров : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. с-г. наук : спец. 06.03.03 «Лесоведение и лесоводство; лесные пожары и борьба с ними». Красноярск, 2006. 22 с.
117. Косов И. В., Кисляхов Е. К., Рыбников В. Ю. Механизм повреждения древостоя при подстильно-гумусовых пожарах. Ботанические исследования в Сибири. Красноярск : Красноярское отд-ние Рос. бот. о-ва РАН, 2005. Вып. 13. С. 97–101.
118. Краснощеков Ю. Н. Влияние пирогенного фактора на серогумусовые почвы сосновых лесов в центральной экологической зоне Байкальской природной территории. Сибирский лесной журнал. 2014. № 2. С. 43–52.
119. Краснощеков Ю. Н. Влияние пожаров на свойства горных дерново-таежных почв лиственничников Монголии. Почвоведение. 1994. № 9. С. 102–109.

120. Кузик А. Д. Вплив радіальних і латеральних потоків на пожежонебезпечні властивості лісового середовища. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. Вип. 23.16. С. 116–125.
121. Кузик А. Д. Експериментальні дослідження процесів висушування лісового горючого матеріалу. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.5. С. 31–37.
122. Кузик А. Д. Залежність пожежної безпеки лісових насаджень від локальних лісівничих показників. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.6. С. 58–63.
123. Кузик А. Д. Значення узлісся у пожежній безпеці лісів. Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.07. С. 67–74.
124. Кузик А. Д. Лісотипологічні засади пожежної безпеки лісів. Науковий вісник НЛТУ України. 2009. Вип. 19.14. С. 210–214.
125. Кузик А. Д. Математичне моделювання пожежної безпеки лісів. Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.16. С. 104–112.
126. Кузик А. Д. Оцінювання пожежної безпеки лісів за умовами погоди. Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.01. С. 74–81.
127. Кузик А. Д. Пожежонебезпечні властивості лісових горючих матеріалів. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.4. С. 214–219.
128. Кузик А. Д., Кучерявий В. П. Вплив метеорологічних чинників на ксерофілізацію лісового середовища та виникнення пожеж. Лісівництво і агролісомеліорація. 2009. Вип. 116. С. 238–244.
129. Кузик А. Д., Попович В. В. Ефективність використання лісових пожежних автомобілів. Пожежна безпека. 2010. № 16. С. 18–25.
130. Кузик А. Д., Товарянський В. І. Математичне моделювання процесів кондуктивного і радіаційного теплообміну під час пожежі в соснових лісах. Пожежна безпека. 2017. № 30. С. 105—113.
131. Кукавская Е. А., Буряк Л. В., Каленская О. П., Зарубин Д. С. Трансформация напочвенного покрова при низовых пожарах и оценка пирогенной эмиссии углерода в темнохвойных лесах Средней Сибири. Сибирский экологический журнал. 2017. № 1. С. 72–82.

132. Купалова Г. І. Теорія економічного аналізу : навчальний посібник. К. : Знання, 2008. 639 с.
133. Курбатский Н. П. Виды отжига и их применение для локализации лесных пожаров. Вопросы лесной пирологии. : сб. ст. / ред. Н. П. Курбатский, Э. В. Конев. Красноярск, 1972. С. 153–163.
134. Курбатский Н. П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов. Вопросы лесной пирологии. Красноярск : ИЛиД СО АН СССР, 1970. С. 5–58.
135. Курбатский Н. П. Пожарная опасность в лесу и ее измерение по местных шкалам. Лесные пожары и борьба с ними. М. : Изд-во АН СССР, 1963. С. 5–30.
136. Курбатский Н. П. Проблема лесных пожаров. Возникновение лесных пожаров. М. : Наука, 1964. С. 5–60.
137. Куулар Х. Б., Пономарев Е. И., Кызыл-оол В. С. Лесные пожары в горах Тувы и их мониторинг. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 64–66.
138. Лакин Г. Ф. Биометрия. Учебное пособие для университетов и педагогических институтов. М. : Высшая школа, 1973. 343 с.
139. Левченко В. В., Борсук О. А., Борсук А. А. Лісові горючі матеріали : навчальний посібник. К. : НУБіП України, 2015. 237 с.
140. Лещенко В. О. Особливості розвитку антропогенно порушених сосняків на південному сході Лівобережного Лісостепу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.03.03 «Лісознавство і лісівництво». Харків, 2013. 20 с.
141. Лещенко В. О. Прямі втрати лісового господарства від пожеж у сосняках державного підприємства «Зміївське лісове господарство». Науковий вісник НЛТУ України. 2009. Вип. 19.8. С. 14–25.
142. Ливайн Д. С., Кейхун Д. Р., Кофер У. Р., Уинстэд Э. Л., Стокс Б. Дж. Пожары в бореальных лесах и выброс парниковых и химически активных газов. Устойчивое развитие бореальных лесов : тр. VII ежегодн. конф. МАИБЛ (19–23.08.1996). СПб : СПбНИИЛХ, 1997. С. 19–25.

143. Ловелиус Н. В. Грицан Ю. И. Лесные экосистемы Украины и тепловлагообеспеченность. Санкт-Петербург, 1998. 335 с.
144. Максимова Е. Ю., Цибарт А. С., Абакумов Е. В. Свойства почв Тольяттинского соснового бора после катастрофических пожаров 2010 г. Почвоведение. 2014. № 9. С. 1131–1144.
145. Маслов А. Д., Матусевич Л. С., Русов Ю. Н., Демаков Ю. П. Развитие очагов стволовых вредителей на гарях 1972 года. Защита леса от вредителей и болезней. М. : ВНИИЛМ, 1980. С. 123–147.
146. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. М.; Л. : Гослестехиздат, 1948. 126 с.
147. Мелехов И. С. Природа леса и лесные пожары. Архангельск, 1947. 60 с.
148. Мельник Є. Є. Прогнозування пожежної небезпеки за умовами погоди в лісах зеленої зони міста Харків. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 132. С. 131–140.
149. Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды [Электронный ресурс]. Хабаровск, 1998. Режим доступа: <http://method.meteorf.ru/danger/fire/fire.html>.
150. Мешалкин Е. А., Фирсов А. Г., Порошин А. А. Геофизические факторы и обстановка с пожарами в регионах России. Обеспечение организационно-управленческой деятельности государственной противопожарной службы : сб. науч. тр. М. : ВНИИПО, 2000. С. 22–33.
151. Михель В. А. Влияние ведущих факторов на отпад деревьев при низовых пожарах. Труды ДальНИИЛХ. 1984. № 26. – С. 124–129.
152. Молчанов А. А. Влияние лесных пожаров на древостой. Труды Института леса АН СССР / Акад. наук СССР, Ин-т леса. М. :Изд-во АН СССР, 1954. Т. XVI. С. 314–335.
153. Молчанов А. А. Лес и окружающая среда. М. : Наука, 1968. 247 с.
154. Нестеров В. Г. Горимость леса и методы ее определения. М.; Л. : Гослесбумиздат, 1949. 76 с.
155. Нестеров В. Г. Пожарная охрана леса. М. : Гослестехиздат, 1945. 176 с.
156. Очур К. О., Ондар Н. Э. Влияние пожаров на состав гумуса почв лесного массива Центральной Тувы. VI Съезд Общества почвоведов им. В. В.

Докучаева. Всероссийская с международным участием научная конференция «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования» (Петрозаводск – Москва, 13–18 августа 2012 г.). Школа-семинар для молодых ученых «Знания о почве – развитию страны» : материалы докл. – Петрозаводск, 2012. Кн. 3. С. 235–236.

157. Поздняков Л. К. Влияние беглых низовых пожаров на режим влажности и температуру почвы. Лесное хозяйство. 1953. № 4. С. 62–63.

158. Пономарев Е. И., Иванов В. А., Коршунов Н. А. Прогнозирование грозовой пожарной опасности на основе данных со спутников NOAA/TOVS. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 233–234.

159. Пономарев Е. И., Сухинин А. И. Комплексная оценка пожарной опасности и прогнозирование энергетических параметров лесных пожаров с использованием геоинформационных баз данных. Вычислительные технологии. 2000. Т. 5. С. 58–68.

160. Пономарев Е. И., Швецов Е. Г., Усатая Ю. О. Методы дистанционной регистрации экстремальных и верховых пожаров Сибири. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 155–156

161. Попова Э. П. Влияние низовых пожаров на свойства лесных почв Приангарья. Охрана лесных ресурсов Сибири. Красноярск : Изд- во ИЛиД СО АН СССР, 1975. С. 166–178.

162. Попова Э. П. Пирогенная трансформация свойств лесных почв Среднего Приангарья. Сибирский экологический журнал. 1997. № 4. С. 413–418.

163. Попова Э. П. Экологическая роль пожаров в почвообразовании. Почвенно-экологические исследования в лесных биогеоценозах / В. Н. Горбачев [и др.]. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1982. С. 119–174.

164. Попович В. В. Ієрархічний метод класифікації пожежної та аварійно-рятувальної техніки для гасіння лісових пожеж в Україні. Пожежна безпека. 2012. № 20. С. 32–37.

165. Правила пожежної безпеки в лісах України [Електронний ресурс] : наказ Держкомлісгоспу України від 27.12.2004 № 278. Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0328-05>.

166. Распопіна С. П. Зміни лісорослинних властивостей ґрунтів на згарищах в умовах північного степу. Лісівництво і агролісомеліорація. 2011. Вип. 118. С. 164–169.

167. Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. М.; Л. : Наука, 1965. 254 с.

168. Савченко, А. Г. Изучение огнестойкости сосны крымской с целью создания и формирования пожароустойчивых насаждений в Крыму : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. с.- х. наук : спец. 06.03.03. М., 1982. 23 с.

169. Савченко А. Г. Повреждаемость стволов, скорость и время зарастания огневых травм у деревьев сосны крымской после сильных низовых пожаров. Лесной журнал. 1978. № 3. С. 19–23.

170. Санников С. Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье. Горение и пожары в лесу : материалы совещания. Красноярск : ИЛиД СО АН СССР, 1973. С. 236–277.

171. Санников С. Н., Санникова Н. С., Петрова И.В. Естественное лесовозобновление в Западной Сибири (эколого-географический очерк). Екатеринбург : УрО РАН, 2004. 199 с.

172. Санников С. Н., Терехов Г. Г., Санникова Н. С. Противопожарные лесные полосы с барьером из лиственных пород для защиты от верховых пожаров. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 164–166.

173. Сапожников А. П. Классификация пирогенных трансформаций в лесных экосистемах. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 180–181.

174. Сапожников А. П. О некоторых аспектах геохимии пирогенных геосистем. Типологические аспекты изучения поведения веществ в геосистемах. Иркутск, 1973. С. 208–209.

175. Сапожников А. П. О роли пирогенных процессов в формировании лесных биогеоценозов. Итоги научных исследований по лесоведению и лесной биогеоценологии. М., 1973. С. 32–34.
176. Сапожников А. П. Роль огня в формировании лесных почв. Экология. 1976. № 1. С. 43–46.
177. Сверлова Л. И. Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды с учетом поясов атмосферной засушливости и сезонов года. Хабаровск, 2000. 46 с.
178. Свириденко В. Є., Бабіч О. Г., Швиденко А. Й. Лісова пірологія. К. : Агропромвидав України, 1999. 170 с.
179. Сидоренко С. Г. Постпірогенний розвиток сосняків Лівобережного Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.03.03 «Лісознавство і лісівництво». Харків, 2017. 22 с.
180. Сидоренко С. Г., Ворон В. П., Мельник Є. Є., Сидоренко А. Г. Особливості формування стиглих деревостанів після низових пожеж. Лісівництво і агролісомеліорація. 2015. Вип. 127. С. 169–176.
181. Скудин В. М., Сухинин А. И., Буряк Л. В., Каленская О. П., Пономарев Е. И. Прогноз последствий пожаров в лесных экосистемах Нижнего Приангарья на основе комплексного ГИС-анализа. Лесное хозяйство. 2010. № 1. С. 36–38.
182. Сосорова С. Б., Меркушева М. Г., Убугунов Л. Л. Пирогенное изменение содержания микроэлементов в почвах и растениях сосновых лесов Западного Забайкалья. Сибирский экологический журнал. 2013. № 5, 661-674.
183. Софронов М. А., Вакуров А. Д. Огонь в лесу. Новосибирск : Наука, 1981. 124 с.
184. Софронов М. А., Волокитина А. В. Рекомендации по охране от пожаров южно-таежных заболоченных лесов Сибири. Красноярск, 2012. 40 с.
185. Софронов М. А., Софронова Т. М., Волокитина А. В. Оценка пожарной опасности по условиям погоды с использованием метеопрогнозов. Лесное хозяйство. 2004. № 6. С. 31–32

186. Софронова Т. М. Разработка мер по совершенствованию оценки пожарной опасности по условиям погоды в горных лесах Южного Прибайкалья : дис. ... канд. с.-х. наук : 03.00.16. Красноярск, 2006. 252 с.
187. Стефин В. В. Антропогенные воздействия на горно-лесные почвы. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1981. 169 с.
188. Сухинин А. И., Буряк Л. В., Пономарев Е. И., Бычков В. А. Геоинформационная система и дистанционные данные применительно к задаче мониторинга нарушенности лесов Нижнего Приангарья. Вестник ТГУ. 2006. № 18. С. 179–185.
189. Сухинин А. И., Конев Э. В. О механизме горения сосновой хвои. Вопросы лесной пирологии. Красноярск, 1972. С. 7–51.
190. Сухомлинова В. В. Динамика температурного градиента между почвой и атмосферой под воздействием пирогенного фактора. Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2013. Т. 6. № 3. С. 86–93.
191. Тарасенко О. А., Мелешенко Р. Г., Мунтян В. К. Підвищення ефективності застосування пожежних літаків Ан-32П при локалізації природних пожеж. Харків : НУЦЗ України, 2016. 108 с.
192. Тарасенко О. А., Мелешенко Р. Г., Мунтян В. К. Практичні рекомендації щодо застосування пожежних літаків Ан-32П при локалізації природної пожежі. Проблеми пожарной безопасности. 2015. Вып. 38. С. 114–122.
193. Ткач В. П., Ворон В. П. Особливості пошкодження соснових насаджень антропогенними чинниками. Лісівництво і агролісомеліорація. 2013. Вип. 123. С. 187–194.
194. Ткач О. М. Пірогенне пошкодження та зміни товарності сосняків Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 131. С. 150–157.
195. Ткач О. М. Тенденції виникнення пожеж у лісах Рівненщини. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.9. С. 84–89.
196. Товарянський В. І. Підвищення ефективності забезпечення пожежної безпеки в молодих соснових лісах України : автореф. автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.02 «Пожежна безпека». Львів, 2018. 23 с.

197. Товарянський В. І., Кузик А. Д. Дослідження пожежі молодих соснових насаджень. Пожежна безпека. 2016. № 28. С. 113–120.
198. Товарянський В. І., Кузик А. Д. Оцінювання залежності пожежної небезпеки соснових молодняків від віку. Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26.5. С. 220–221
199. Товарянський В. І., Кузик А. Д., Петровський В. Л. Взаємозв'язок між температурою та часом до займання хвої молодих соснових насаджень. Пожежна безпека. 2015. № 26. С. 167–171.
200. Трофимов И. Т., Бахарева И. Ю. Особенности послепирогенной трансформации дерново-подзолистых почв юго-западной части ленточных боров Алтайского края. Вестник АГАУ. 2007. № 11 (37). С. 31–34.
201. Усеня В. В. Лесные пожары: последствия и борьба с ними. Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 2002. 206 с.
202. Усеня В. В. Совершенствование системы охраны лесов от пожаров в Республике Беларусь. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 201–202.
203. Усеня В. В., Гордей Н. В. Использование нового химического состава «КОМПЛЕКСИЛ» для борьбы с лесными пожарами. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 203–204.
204. Усеня В. В., Каткова Е. Н., Ульдинович С. В. Лесная пирология : учебн. пособ. / М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; Институт леса НАН Беларуси. Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2011. 264 с.
205. Усеня В. В., Чурило В. С. Динамика послепожарного отпада в сосновых насаждениях. Проблемы лесоведения и лесоводства. 2001. Вып. 52. С. 209–214.
206. Усцький І. М., Плугатар Ю. В., Папельбу В. В. Вплив пожеж на ліси та післяпожежний розвиток лісових формацій. Лісівництво і агролісомеліорація. 2008. Вип. 112. С. 182–187.

207. Фрянова К. О., Гербель Д. П. Изменение противопожарного разрыва при верховых лесных пожарах в зависимости от скорости ветра и свойств лесного массива. Материалы Второго Молодежного Экологического Форума (Кемерово, 10–12 июня 2014 г.). Кемерово : ГОУ КузГТУ, 2014. С. 324–328.
208. Фуряев В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск : Наука, 1996. 253 с.
209. Фуряев В. В., Гирс Г. И., Фуряев Е. А. Интенсивность прогрева прикамбиальных тканей сосны обыкновенной при низовых пожарах. Лесоведение. 1976. № 1. С. 82–87.
210. Фуряев В. В., Заблоцкий В. И., Черных В. А., Злобина Л. П. Повышение пожароустойчивости насаждений юго-западного сосново-степного подрайона ленточных боров Алтая. Рекомендации. Барнаул, 2005. 28 с.
211. Фуряев В. В., Киреев Д. М. Изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе. Новосибирск : Наука, 1979. 160 с.
212. Фуряев В. В., Цветков П. А., Фуряев И. В., Злобина Л. П. Оптимизация охраны лесов от пожаров в Красноярском крае путем совершенствования противопожарных мероприятий. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 211–212.
213. Цветков П. А. Современное состояние лесной пирологии в России. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 216–217.
214. Цветков П. А. Устойчивость лиственницы Гмелина к пожарам в северной тайге Средней Сибири. Красноярск, 2007. 250 с.
215. Цветков П. А., Буряк Л. В. Исследования природы пожаров в лесах Сибири. Сибирский лесной журнал. 2014. № 3. С. 25–42.
216. Цветков П. А., Кудинов Е. Н. Влияние несплошных рубок на пожароопасность сосняков Красноярской лесостепи. Хвойные бореальной зоны. 2014. Т. 32. № 3–4. С. 74–77.

217. Чорнобай Ю. М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. Львів, видавництво ДПМ НАН України, 2000. 352 с.

218. Шахматова Е. Ю., Сылшилова Д. П. Трансформации дерново-подбуров в сосновых лесах Западного Забайкалья под влиянием пожаров. Рациональное использование почвенных и растительных ресурсов в экстремальных условиях. БГСХА, 2012. С. 232–233.

219. Швецов Е. Г., Кукавская Е. А., Буряк Л. В. Спутниковые данные в оценке состояния лесов Забайкальского края после воздействия пожаров. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 220–221.

220. Швиденко А. З., Щепаченко Д. Г. Климатические изменения и лесные пожары в России. Лесоведение. 2013. № 5. С. 50–61.

221. Шевчук В. В., Тимошук І. В. Причини лісових пожеж у Нижньодніпров'ї. Науковий вісник НУБіП України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. 2015. Вип. 229. С. 46–55.

222. Шестеркина Н. М., Шестеркин В. П. Влияние пирогенного фактора на сток химических веществ в малых горно-таежных реках Сихотэ-Алиня. Материалы Всерос. конф. «Пожары в лесных экосистемах Сибири», 17–19 сентября 2008 г. Красноярск, 2008. С. 194–196.

223. Шешуков М. А. О высоте нагара на стволах при лесных пожарах. Лесное хозяйство. 1967. № 7. С. 55–58.

224. Шешуков М. А., Громыко С. А. О влиянии потепления климата на горимость лесов в разных зонально-географических условиях России. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 222–223.

225. Шешуков М. А., Позднякова В. В., Пирогова О. А. Создание защитных пожароустойчивых насаждений на территории лесного фонда. Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 19–23 сентября 2016 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2016. С. 224–226.

226. Шешуков М. А., Соловьев В. И., Найкруг И. Б. Влияние некоторых факторов на повреждаемость деревьев пожарами. Горение и пожары в лесу. Красноярск, 1978. С. 176–177.
227. Щетинский Е. А. Организация охраны лесов от пожаров. М. : ВНИИЦлесресурс, 1993. Вып. 2. 36 с.
228. Юрчук Л. П. Постпірогенні зміни лісових фітоценозів Шацького національного природного парку. Науковий вісник НЛТУ України. 2010. Вип. 20.15. С. 39–42.
229. Яворовський П. П. Лісові пожежі і заходи щодо видалення природних горючих матеріалів у лісових екосистемах. Науковий вісник НУБіП України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. 2014. Вип. 198, Ч. 2. С. 71–78.
230. Яворовський П. П. Лісові пожежі і система заходів створення протипожежних заслонів у лісах України. Науковий вісник НУБіП України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. 2014. Вип. 198, Ч. 1. С. 62–72.
231. Ahlgren I. F., Ahlgren C. E. Ecological effects of forest fire. Botanical Review. 1960. Vol. 26, Iss. 4. P. 484–533.
232. Anderson H. E., Rothermel R. S. Influence of moisture and wind upon the characteristics of free burning fires. Tenth symposium (international) on combustion. TheCombustion Institute, Pittsburgh. Pittsburgh, 1965. P. 1009–1019.
233. Bailey T. G., Davidson N. J., Close D. C. Patterns of soil water repellency in response to coarse woody debris and fire: implications for eucalypt regeneration in dry forests. Plant and Soil. 2015. Vol. 397, Iss. 1–2. P. 93–102.
234. Balshi M. S., McGuire A. D., Duffy P., Flannigan M., Kicklighter D. W., Melillo J. Vulnerability of carbon storage in North American boreal forests to wildfires during the 21st century. Global Change Biology. 2009. Vol. 15, Iss. 6. P. 1491–1510. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01877.x>.
235. Bond-Lamberty B., Peckrnan S. D., Ahl D. E., Gower S. T. Fire as the dominant driver of central Canadian boreal forest carbon balance. Nature. 2007. Vol. 450. P. 89–92. <https://doi.org/10.1038/nature06272>.
236. Busse M. D., Hubbert K. R., Fiddler G. O., Shestak C. J., Powers R. F. Lethal soil temperatures during burning of nasctated forest residues. International Journal of Wildland Fire. 2005. Vol. 14. P. 267–276.

237. Davis K. P. Forest fire: control and use. New York ; Toronto ; London : McGraw-Hill Book Co. Inc., 1959. 584 p.
238. De Bano L. F., Conrad C. E. The effect of fire on nutrients in a chaparral ecosystem. *Ecology*. 1978. Vol. 59. P. 489–497
239. Development and Structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. Forestry Canada Fire Danger Group. Ottawa, 1992. 63 p.
240. Dieterich J. H. Recovery potential of fire-damaged southwestern ponderosa pine. Research Note RM-379. Fort Collins, CO : USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1979. 8 p.
241. Eivazi F., Bayan M. R. Effects of long-term prescribed burning on the activity of select soil enzymes in an oak-hickory forest. *Can. J. For. Res.* 1996. Vol. 26. P. 1799–1804.
242. European Commission, Joint Research Centre, Forest Fires in Europe 2007. Report No 8 [Electronic resource]. Available from: <http://effis.jrc.ec.europa.eu/effis-news/1-news/72-forest-fires-in-europe-2007>.
243. Fowler J. F., Sieg C. H. Postfire mortality of ponderosa pine and douglas-fir: a review of methods to predict tree death. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-132. Fort Collins, CO : USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2004. 25 p.
244. Fritze H., Pennanen T., Pietikainen J. Recovery of soil biomass and activity from prescribed burning. *Can. J. For. Res.* 1993. Vol. 23. P. 1286–1290.
245. Giglio L., Schroeder W., Justice Ch. O. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*. 2016. Vol. 178. P. 31–41. DOI: 10.1016/j.rse.2016.02.054.
246. Groot W. J., Cantin A. S., Flannigan M. D., Soja A. J., Gowman L. M., Newbery A. A comparison of Canadian and Russian boreal forest fire regimes. *Forest Ecology and Management*. 2013. Vol. 294. P. 23–34.
247. Guo D. L., Mitchell R. J., Withington J. M., Fan P., Hendricks J. J. Endogenous and exogenous controls of root lifespan, mortality and nitrogen flux in a longleaf pine forest: root branch order predominates. *Journal of Ecology*. 2008. Vol. 96, Iss. 4. P. 737–745. Available from: <http://www.jstor.org/stable/20143516>.
248. Harmon M. E. Survival of trees after low-intensity surface fires in Great Smoky Mountains National Park. *Ecology*. 1984. Vol. 65, Iss. 3. P. 796–802.

249. Hood S. M. Smith S. L., Cluck D. R. Delayed conifer tree mortality following fire in California. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-203. Albany, CA, USA, 2007. P. 261–283.
250. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Program; Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (eds). IGES, Japan, 2006.
251. Ivanova G. A., Conard S. G., Kukavskaya E. A., McRae D. J. Fire impact on carbon storage in light conifer forests of the Lower Angara region, Siberia. *Environmental Research Letters*. 2011. Vol. 6, Iss. 4. 045203. DOI: 10.1088/1748-9326/6/4/045203.
252. Johnston M., Elliott J. The effects of fire severity on ash, and plant and soil nutrients levels following experimental burning in a boreal mixedwood stand. *Can. J. Soil Sci.* 1998. Vol. 78. P. 35–44.
253. Kasischke E. S., Christensen N. L., Stocks B. J. Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests. *Ecol. Appl.* 1995. Vol. 5. P. 437–451.
254. Kasischke E. S., Hoy E. E. Controls on carbon consumption during Alaskan wildland fires. *Glob. Change Biol.* 2012. Vol. 18, Iss. 2. P. 685–699. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02573.x>.
255. Kaufman Y. J., Kleidman R. G., King M. D. SCAR-B fires in the tropics: Properties and remote sensing from EOS-MODIS. *Journal of Geophysical Research*. 1998. Vol. 103, Iss. D24. P. 31955–31968. <https://doi.org/10.1029/98JD02460>.
256. Kozłowski T. T., Ahlgren C. E. (eds.). *Fire and ecosystems*. Academic Press, New York-San Francisco-London, 1974. 556 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-424255-5.X5001-9>.
257. Krylov A., McCarty J. L., Potapov P., Loboda T., Tyukavina A., Turubanova S., Hansen M. C. Remote sensing estimates of stand-replacement fires in Russia, 2002–2011. *Environmental Research Letters*. 2014. Vol. 9, 105007. P. 1–8.
258. Kutiel P., Shaviv A. Effects of soil type, plant composition and leaching on soil nutrients following a simulated forest fire. *Forest Ecology and Management*. 1992. Vol. 53. P. 329–343.

259. Langner A., Siegert F. Spatiotemporal fire occurrence in Borneo over a period of 10 years. *Glob. Change Biol.* 2009. Vol.15, Iss. 1. P. 48–62. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01828.x>.
260. Lauvaux C. A., Skinner C. N., Taylor A. H. High severity fire and mixed conifer forest-chaparral dynamics in the southern Cascade Range, USA. *Forest Ecology and Management.* 2016. Vol. 363. P. 74–85.
261. Le Goff H., Girardin M. P., Flannigan M. D., Bergeron Y. Dendroclimatic inference of wildfire activity in Quebec over the 20th century and implications for natural disturbance-based forest management at the northern limit of the commercial forest. *International Journal of Wildland Fire.* 2008. Vol. 17. P. 348–362.
262. Liu W., Wang X., Lu F., Ouyang Zh. Influence of afforestation, reforestation, forest logging, climate change, CO₂ concentration rise, fire, and insects on the carbon sequestration capacity of the forest ecosystem. *Acta Ecologica Sinica.* 2016. Vol. 36, Iss 8. P. 2113–2122. DOI: 10.5846/stxb201411022143.
263. Lynham T. J., Wickware G. M., Mason J. A. Soil chemical changes and plant succession following experimental burning in immature jack pine. *Can. J. Soil Sci.* 1998. Vol. 78. P. 93–104.
264. Macadam A. M. Effects of broadcast slash burning on fuel and soil chemical properties in the Sub-boreal Spruce Zone of central British Columbia. *Can. J. For. Res.* 1987. Vol. 17. P. 1577–1584.
265. McHugh C. W., Kolb T. E. Ponderosa pine mortality following fire in northern Arizona. *International Journal of Wildland Fire.* 2003. Vol. 12, Iss. 1. P. 7–22.
266. Menges E. S., Deyrup M. A. Postfire survival in south Florida slash pine: interacting effects of fire intensity, fire season, vegetation, burn size, and bark beetles. *International Journal of Wildland Fire.* 2001. Vol. 10, Iss. 1. P. 53–63.
267. Morton D. C., Defries R. S., Randerson J. T., Giglio L., Schroeder W., VanDerWerf G. R. Agricultural intensification increases deforestation fire activity in Amazonia. *Glob. Change Biol.* 2008. Vol. 14, Iss. 10. P. 2262–2275. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01652.x>.

268. O'Brien J. J., Hiers J. K., Mitchell R. J., Varner J. M., Mordecai K. Acute physiological stress and mortality following fire in a long-unburned longleaf pine ecosystem. *Fire Ecology*. 2010. Vol. 6, Iss. 2. P. 1–12.
269. Ozyigit F., Wilson C. Forestry and forest fire in Turkey. *Fire Management Notes*. 1976. Vol. 37, Iss. 2. P. 42–43.
270. Pinard M. A., Huffman J. Fire resistance and bark properties of trees in a seasonally dry forest in eastern Bolivia. *Journal of Tropical Ecology*. 1997. Vol. 13, Iss. 5. P. 727–740.
271. Regelbrugge J. C., Conard S. G. Modeling tree mortality following wildfire in *Pinus ponderosa* forests in the central Sierra Nevada of California. *International Journal of Wildland Fire*. 1993. Vol. 3, Iss. 3. P. 139–148. DOI: 10.1071/WF9930139.
272. Roy D. P., Kumar S. S. Multi-year MODIS active fire type classification over the Brazilian Tropical Moist Forest Biome. *International Journal of Digital Earth*. 2017. Vol. 10, Iss. 1. P. 54–58. <https://doi.org/10.1080/17538947.2016.1208686>.
273. Ryan K. C., Reinhardt E. D. Predicting postfire mortality of seven western conifers. *Can. J. For. Res.* 1988. Vol. 18, Iss. 10. P. 1291–1297.
274. Santana V. M., Gonzalez-Pelayo O., Maia P., Varela T. M. E., Valdecantos M., Vallejo A., Keizer J. J. Effects of fire recurrence and different salvage logging techniques on carbon storage in *Pinus pinaster* forests from northern Portugal. *European Journal of Forest Research*. 2016. Vol. 135, Iss. 6. P. 1197–1117. DOI: 10.1007/s10342-016-0997-0.
275. Saveland J. M., Neuenschwander L. F. A signal detection framework to evaluate models of tree mortality following fire damage. *Forest Science*. 1990. Vol. 36, Iss. 1. P. 66–76.
276. Sieg C. H., McMillin J. D., Fowler J. F., Allen K. K., Negron J. F., Wadleigh L. L., Anhold J. A., Gibson K. E. Best predictors for postfire mortality of ponderosa pine trees in the Intermountain West [Electronic resource]. *Forest Science*. 2006. Vol. 52, Iss. 6. P. 718–728. <https://doi.org/10.1093/forestscience/52.6.718>.
277. Stephens S. L., Finney M. A. Prescribed fire mortality of Sierra Nevada mixed conifer tree species: effects of crown damage and forest floor combustion. *Forest Ecology and Management*. 2002. Vol. 162, Iss. 2–3. P. 261–271.

278. Sukhinin A. I., French N. H., Kasischke E. S. et al. AVHRR-based mapping of fires in Russia: New products for fire management and carbon cycle studies. *Remote Sensing of Environment*. 2004. Vol. 93, Iss. 4. P. 546–564. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.08.011>.
279. Szczygiel R., Ubysz B., Kwiatkowski M., Piwnicki J. Klasyfikacja zagrożenia pożarowego lasów Polski. *Us. pr. bad.* 2009. Vol. 70, Iss. 2. P. 131–141.
280. Thies W. G., Westlind D. J., Loewen M. Season of prescribed burn in ponderosa pine forests in eastern Oregon: impact on pine mortality. *International Journal of Wildland Fire*. 2005. Vol 14. P. 223–231.
281. Van Wagner Ch. E.. Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Ottawa, 1987. 37 p.
282. Varner J. M., Putz F. E., O'Brien J. J., Hiers J. K., Mitchell R. J., Gordon D. R. Post-fire tree stress and growth following smoldering duff fires. *Forest Ecology and Management*. 2009. Vol. 258. P. 2467–2474.
283. Voron V. P., Tkach O. M., Sidorenko S. G. Specifics of forest damage type and severity after surface fires in Polissya. *Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів : збірник матеріалів Всеукр. науково-практ. конф. (24 листопада 2017 р. м. Житомир). Житомир, 2017. С. 26–27.*
284. Wardle D. A., Hornberg G., Zackrisson O., Kalela-Brundin M., Coomes D. A. Long-term effects of wildfire on ecosystem properties across an island area gradient. *Science*. 2003. Vol. 300. P. 972–975.
285. Xue L., Chen H., Yang Zh., Wu Y., Liu B., Xu P., Pan L. The effect of fire on soil properties in a *Pinus massoniana* stand. *Acta Ecologica Sinica*. 2011. Vol. 31, Iss. 22. P. 6824–6831.
286. Zibtsev S. Ukraine forest fire report 2010. *International Forest Fire News (IFFN)*. 2010. No 40. P. 61–75.
287. Zwoliczski J., Matuszczyk I., Hawrys Z. Wlasciwosci chemiczne gleb i igiel sosny oraz aktywnosc mikrobiologiczna gleb na terenie pozarzysk lesnych z 1992 roku w nadlesnictwach Rudy Raciborskie i Potrzebowice. *Lesne Prace Badawcze*. 2004. Vol. 1. P. 119–133.

ДОДАТКИ

Додаток А

Аномальність погодних умов Рівненщини

Таблиця А.1

Показники аномальності погодних умов вегетаційного періоду

Відхилення від багаторічного рівня	За опадами		За температурою	
	Оцінка	Кількість, мм	Оцінка	°C
$> +2\sigma$	Аномально мокрий	> 575	Аномально теплий	$> 15,6$
$+1,01\sigma \dots +1,99\sigma$	Мокрий	495–574	Теплий	14,7–15,6
$-1\sigma \dots +1\sigma$	Нормальний	333–495	Нормальний	12,9–14,7
$-1,01\sigma \dots -1,99\sigma$	Сухий	254–332	Холодний	12,0–12,9
$< -2\sigma$	Аномально сухий	< 253	Аномально холодний	$< 12,0$

Таблиця А.2

Аномальність погодних умов вегетаційного періоду у 2007–2016 рр.

Рік	Температура		Опади	
	Середня, °C	Аномальність	Сума, мм	Аномальність
2008	15,1	Аномально теплий	609	Аномально мокрий
2009	15,2	Аномально теплий	316	Сухий
2010	15,3	Аномально теплий	593	Аномально мокрий
2011	15,4	Аномально теплий	265	Сухий
2012	16,1	Аномально теплий	510	Мокрий
2013	15,4	Аномально теплий	389	Нормальний
2014	15,4	Аномально теплий	471	Нормальний
2015	15,1	Аномально теплий	247	Аномально сухий
2016	14,9	Аномально теплий	287	Сухий

Додаток Б

Таблиця Б.1

**Розподіл площі лісів за класами пожежної небезпеки в окремих ДП
лісового господарства, га**

ДП	Лісництво	Клас пожежної небезпеки					Разом	Серед- ній клас
		1	2	3	4	5		
Клесівське ЛГ	Єльнівське	4871,2	1509,4	1733,3	1459,1	0,0	9573,0	1,97
	Сехівське	2808,1	2298,4	2670,4	1087,1	0,0	8864,0	2,22
	Клесівське	1360,7	790,4	1232,7	850,2	0,0	4234,0	2,37
	Любоньське	2093,2	2001,4	1249,6	595,9	0,0	5940,1	2,05
	Томашгородське	1848,5	2386,1	1224,7	668,2	0,0	6127,5	2,11
	Федорівське	2746,1	1314,9	1543,9	301,1	0,0	5906,0	1,89
	Ясногірське	2048,7	2018,7	1637,6	519,0	0,0	6224,0	2,1
	Чабельське	2333,9	2448,3	2473,2	497,8	3,8	7757,0	2,14
	Разом	20110,4	14767,6	13765,4	5978,4	3,8	54625,6	2,10
Остківське ЛГ	Дубнівське	2653,2	687,4	815,9	1224,5	757,9	6139	2,46
	Кам'янське	2059	1294,3	1850,2	1157,4	357,8	6718,7	2,47
	Мушнянське	2750,0	1827,1	1191,2	608,6	273,0	6649,9	2,07
	Біловізьке	3082,4	2401,6	1378,7	694,5	43,7	7600,9	1,97
	Остківське	768,3	956,4	2119,8	342,9	3,9	4191,3	2,48
	Кисорицьке	1085,1	943	1540,7	409,4	15,9	3994,1	2,33
	Разом	12398,1	8109,8	8896,5	4437,3	1452,2	35293,9	2,27
Рокитнівське ЛГ	Березівське	3222,1	963,9	700,3	1414,5	0,0	6300,8	2,04
	Глиннівське	4985	1588,7	1300	2319,4	0,0	10193,1	2,09
	Залавське	2369,5	2113	2092,7	454,8	0,0	7030,0	2,09
	Рокитнівське	3763,4	2683,5	2008,6	740,3	0,0	9195,8	1,97
	Масевицьке	2510,7	2181,4	965,9	520,4	21,3	6199,7	1,92
	Карпилівське	2509,2	2850,3	2691,2	1297,3	0,0	9348,0	2,29
	Борівське	1876,4	2354,1	3444,4	907,7	0,0	8582,6	2,39
	Разом	21236,3	14734,9	13203,1	7654,4	21,3	56850,0	2,12
Сарненське ЛГ	Карпилівське	1449,3	778,2	1870,7	1277,7	357,1	5733,0	2,7
	Руднянське	1549,8	653,9	1555,8	1640,3	1048,2	6448,0	2,99
	Сарненське	1357,4	2133,5	1029,4	1245,3	384,4	6150,0	2,53
	Страшівське	1478,4	1507,8	1939,5	1527,9	1425,4	7879,0	2,98
	Костянтинівське	850,0	1133,3	967,9	1299,4	194,4	4445,0	2,74
	Кричильське	1852,9	1247,4	1876,6	1043,5	478,6	6499,0	2,54
	Немовицьке	828,0	1007,3	1501,3	2015,9	282,5	5635,0	2,98
	Тинненське	1742,5	1347	2102,3	1186,9	393,3	6772,0	2,57
	Разом	11108,3	9808,4	12843,5	11236,9	4564	49561,0	2,76

Додаток В

Таблиця В.1

**Лісові пожежі в окремих ДП лісового господарства Рівненщини,
сума опадів і середня температура за період 2002–2017 рр.**

Рік	Пожежі		Кількість опадів, мм		Середня t, °С		Гідротермічний коефіцієнт з IV до IX місяця
	Кількість випадків	Площа, га	за рік	з IV до IX місяця	за рік	з IV до IX місяця	
2002	169	62,2	573,9	297,9	8,5	16,1	0,9
2003	9	1,6	579,5	387,6	7,6	15,4	1,2
2004	5	2,1	575,8	365,1	7,9	14,7	1,2
2005	16	4,2	661,3	397,5	7,7	15,2	1,2
2006	57	44,3	617,4	440,1	7,6	15,4	1,4
2007	28	9,3	670,0	454,0	8,7	15,9	1,4
2008	13	5,3	760,1	532,5	9,5	16,0	1,6
2009	44	93,4	561,1	230,9	8,9	16,4	0,7
2010	5	2,7	670,5	556,5	8,6	17,0	1,6
2011	38	32,7	482,8	247,9	8,7	16,8	0,7
2012	30	16,6	706,6	440,9	8,4	17,3	1,2
2013	3	0,6	602,5	380,8	8,7	16,3	1,1
2014	8	24,7	640,4	465,4	9,3	16,5	1,5
2015	30	54,2	487,1	265,5	9,7	16,8	0,8
2016	7	5,6	501,7	265,4	8,8	14,1	0,6
2017	8	4,9	621,4	284,1	9,0	15,9	0,9
Разом	470	364,3	–	–	–	–	–
Середнє	32	25,3	613,5	390,2	8,6	16,1	1,1

Таблиця В.2

**Кількість пожеж за місяцями в лісництвах окремих ДП
лісового господарства Рівненської області**

ДП	Лісництво	Загалом пожеж, шт.	Місяць								
			III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Клесівське ЛГ	Єльнівське	11	0	0	10	0	1	0	0	0	0
	Клесівське	5	0	0	0	0	0	4	0	1	0
	Любонське	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0
	Лязівське	8	0	0	2	0	0	5	1	0	0
	Першотравенське	9	0	0	6	1	0	2	0	0	0
	Сехівське	8	0	0	2	1	1	3	1	0	0
	Томашгородське	10	0	0	2	1	7	0	0	0	0
	Федорівське	7	0	3	0	1	2	1	0	0	0
	Чабельське	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Ясногірське	4	0	2	1	0	1	0	0	0	0
Разом		68	0	5	28	4	12	15	3	1	0
Остківське ЛГ	Біловізьке	18	0	0	3	5	4	0	4	0	3
	Дубнівське	27	0	0	16	6	0	2	2	0	1
	Кам'янське	53	0	12	29	2	3	2	3	1	1
	Кисорицьке	6	0	1	2	0	2	0	1	0	0
	Мушнянське	6	0	0	5	0	0	0	1	0	0
	Остківське	6	0	0	1	0	0	0	4	0	1
Разом		116	0	13	56	13	9	4	15	1	6
Рокитнівське ЛГ	Березівське	15	0	0	5	2	0	1	7	0	0
	Борівське	6	0	0	0	2	1	1	2	0	0
	Глиннівське	15	0	1	1	1	11	1	0	0	0
	Залавське	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Карпилівське	4	0	0	1	0	0	0	3	0	0
	Масевицьке	9	0	0	1	1	1	1	5	0	0
Разом		50	0	1	8	6	13	4	18	0	0
Сарненське ЛГ	Біловізьке	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Карпилівське	6	0	4	2	0	0	0	0	0	0
	Костянтинівське	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	Кричильське	3	0	1	0	0	2	0	0	0	0
	Мушнянське	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Руднянське	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Сарненське	11	0	4	5	1	0	0	1	0	0
	Страшівське	7	0	0	4	1	0	1	0	1	0
	Тиннеське	3	0	0	0	1	0	2	0	0	0
Разом		35	0	10	13	3	3	3	2	1	0

Додаток Г

Таблиця Г.1

**Кількість пожеж за днями тижня в лісництвах окремих ДП
лісового господарства Рівненської області за період 2002–2011 рр.**

ДП	Лісництво	Загалом випадків пожеж	День тижня						
			Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
Клесівське ЛГ	Єльнівське	11	2	1	3	4	0	0	1
	Клесівське	5	1	1	1	0	1	1	0
	Любонське	5	0	5	0	0	0	0	0
	Лязівське	8	0	0	5	0	0	3	0
	Першотравенське	9	0	0	0	2	2	3	2
	Сехівське	8	0	0	0	4	2	0	2
	Томашгородське	10	0	0	1	0	4	1	4
	Федорівське	7	1	1	2	3	0	0	0
	Чабельське	1	0	0	0	0	0	1	0
	Ясногірське	4	0	0	2	0	1	0	1
Разом		68	4	8	14	13	10	9	10
Остківське ЛГ	Біловізьке	18	1	2	1	6	8	0	1
	Дубнівське	27	1	2	1	7	9	6	1
	Кам'янське	53	3	6	9	10	5	7	13
	Кисорицьке	6	1	0	0	3	1	1	0
	Мушнянське	6	1	1	1	0	1	1	1
	Остківське	6	2	0	1	0	3	0	0
Разом		116	9	11	13	26	27	15	16
Рокитнів- ське ЛГ	Березівське	15	0	0	1	0	2	2	10
	Борівське	6	1	0	1	0	0	2	2
	Глиннівське	15	2	0	1	9	2	0	1
	Залавське	1	0	0	1	0	0	0	0
	Карпилівське	4	0	0	0	1	3	0	0
	Масевицьке	9	0	1	2	4	1	0	1
Разом		50	3	1	6	14	8	4	14
Сарнен- ське ЛГ	Біловізьке	1	1	0	0	0	0	0	0
	Карпилівське	6	1	1	2	2	0	0	0
	Костянтинівське	2	2	0	0	0	0	0	0
	Кричильське	3	1	0	0	1	1	0	0
	Мушнянське	1	0	1	0	0	0	0	0
	Руднянське	1	1	0	0	0	0	0	0
	Сарненське	11	2	4	1	3	0	0	1
	Страшівське	7	0	1	4	2	0	0	0
	Тиннеське	3	0	0	0	1	0	1	1
Разом		35	8	7	7	9	1	1	2

Додаток Д

Таблиця Д.1

**Розподіл кількості пожеж за площею в лісництвах окремих ДП
лісового господарства Рівненської області за період 2002–2011 рр.**

ДП	Лісництво	Загалом випадків пожеж	Площа пожежі, га				
			0,011– 0,1	0,11– 0,5	0,51– 1,0	1,1– 5,0	5,1– 10,1
Клесівське ЛГ	Єльнівське	11	0	10	0	1	0
	Клесівське	5	3	1	1	0	0
	Любонське	5	1	2	0	2	0
	Лязівське	8	4	2	2	0	0
	Першотра- венське	9	4	5	0	0	0
	Сехівське	8	4	4	0	0	0
	Томашгородське	10	6	3	0	1	0
	Федорівське	7	0	7	0	0	0
	Чабельське	1	0	1	0	0	0
	Ясногірське	4	1	3	0	0	0
Разом		68	23	38	3	4	0
Остківське ЛГ	Біловізьке	18	3	13	1	1	0
	Дубнівське	27	3	9	7	8	0
	Кам'янське	53	2	16	8	27	0
	Кисорицьке	6	0	4	0	2	0
	Мушнянське	6	1	4	1	0	0
	Остківське	6	1	4	0	1	0
Разом		116	10	50	17	39	0
Рокит- нівське ЛГ	Березівське	15	0	14	1	0	0
	Борівське	6	0	6	0	0	0
	Глиннівське	15	3	11	0	1	0
	Залавське	1	0	1	0	0	0
	Карпилівське	4	0	4	0	0	0
	Масевицьке	9	1	8	0	0	0
Разом		50	4	44	1	1	0
Сарненське ЛГ	Біловізьке	1	1	0	0	0	0
	Карпилівське	6	0	4	0	2	0
	Костянтинівське	2	0	1	1	0	0
	Кричильське	3	0	2	1	0	0
	Мушнянське	1	0	1	0	0	0
	Руднянське	1	0	1	0	0	0
	Сарненське	11	1	8	2	0	0
	Страшівське	7	0	3	3	1	0
	Тиннеське	3	0	2	1	0	0
Разом		35	1	22	8	3	0

Додаток Е

Таблиця Е.1

**Горимість сосняків у різних типах лісу окремих ДП
лісового господарства Рівненської області за період 2002–2011 рр.**

Тип лісу	Середня горимість						Середня площа однієї пожежі, га
	за кількістю випадків загорання			за площею, пройденою вогнем, га			
	Загалом випадків пожеж	На 1 млн га площі ЛФ	Відносна горимість	Загальна площа пожеж, га	На 1000 га площі ЛФ	Відносна горимість	
ДП «Клесівське ЛГ»							
A ₂ -C	15	2726,78	Надзвичайна	3,83	0,70	Середня	0,26
A ₃ -C	7	2289,90	Надзвичайна	1,91	0,62	Середня	0,27
A ₄ -C	2	1330,23	Надзвичайна	1,20	0,80	Середня	0,60
A ₅ -C	4	1691,05	Надзвичайна	1,05	0,44	Нижча за сер.	0,26
B ₂ -ДС	7	1812,06	Надзвичайна	1,55	0,40	Нижча за сер.	0,22
B ₃ -ДС	32	2342,57	Надзвичайна	11,09	0,81	Середня	0,35
B ₄ -ДС	6	1036,63	Надзвичайна	2,17	0,37	Нижча за сер.	0,36
B ₅ -ДС	1	862,74	Надзвичайна	0,03	0,03	Низька	0,03
ДП «Сарненське ЛГ»							
A ₂ -C	3	455,80	Надзвичайна	1,10	0,17	Нижча за сер.	0,37
A ₃ -C	3	2373,98	Надзвичайна	1,95	1,54	Висока	0,65
A ₄ -C	2	6091,99	Надзвичайна	1,10	3,35	Надзвичайна	0,55
A ₅ -C	1	20703,93	Надзвичайна	0,40	8,28	Надзвичайна	0,40
B ₂ -ДС	9	1700,33	Надзвичайна	7,08	1,34	Вища за сер.	0,79
B ₃ -ДС	12	1055,89	Надзвичайна	4,90	0,43	Нижча за сер.	0,41
B ₄ -ДС	4	2069,64	Надзвичайна	0,83	0,43	Нижча за сер.	0,21
B ₅ -ДС	1	7102,27	Надзвичайна	0,80	5,68	Надзвичайна	0,80
C ₃ -ГДС	1	534,73	Надзвичайна	0,70	0,37	Нижча за сер.	0,70
ДП «Рокитнівське ЛГ»							
A ₂ -C	19	3929,84	Надзвичайна	3,92	0,81	Середня	0,21
A ₃ -C	1	934,67	Надзвичайна	0,16	0,15	Нижча за сер.	0,16
A ₄ -C	2	4849,66	Надзвичайна	0,35	0,85	Середня	0,18
A ₅ -C	1	583,46	Надзвичайна	0,15	0,09	Низька	0,15
B ₂ -ДС	4	1732,13	Надзвичайна	0,70	0,30	Нижча за сер.	0,18
B ₃ -ДС	11	822,59	Надзвичайна	1,82	0,14	Нижча за сер.	0,17
B ₄ -ДС	8	1035,37	Надзвичайна	1,31	0,17	Нижча за сер.	0,16
B ₅ -ДС	3	799,36	Надзвичайна	2,80	0,75	Середня	0,93
C ₃ ГДС	0	0,00	—	0,00	0,00	—	—

Продовження табл. Е.1

Тип лісу	Середня горимість						Середня площа однієї пожежі, га
	за кількістю випадків загорання			за площею, пройденою вогнем, га			
	Загалом випадків пожеж	На 1 млн га площі ЛФ	Відносна горимість	Загальна площа пожеж, га	На 1000 га площі ЛФ	Відносна горимість	
ДП «Остківське ЛГ»							
A ₂ -C	40	9915,47	Надзвичайна	55,00	13,63	Надзвичайна	1,38
A ₃ -C	3	2913,19	Надзвичайна	4,30	4,18	Надзвичайна	1,43
B ₂ -дC	15	6387,06	Надзвичайна	17,81	7,58	Надзвичайна	1,19
B ₃ -дC	39	5141,39	Надзвичайна	39,74	5,24	Надзвичайна	1,02
B ₄ -дC	11	3213,65	Надзвичайна	15,30	4,47	Надзвичайна	1,39
B ₅ -БC	1	594,99	Надзвичайна	0,90	0,54	Середня	0,90
C ₃ -гдC	2	843,88	Надзвичайна	0,60	0,25	Нижча за сер.	0,30

Додаток Ж

Таблиця Ж.1

**Горимість сосняків різних класів віку окремих ДП
лісового господарства Рівненської області за період 2002–2011 рр.**

Клас віку	Середня горимість						Середня площа однієї пожежі, га
	за кількістю випадків загорання			за площею, пройденою вогнем, га			
	Загалом випадків пожеж	На 1 млн га площі ЛФ	Відносна горимість	Загальна площа пожеж, га	На 1000 га площі ЛФ	Відносна горимість	
ДП «Клесівське ЛГ»							
1	7	4723	Надзвичайна	2,82	1,90	Нижча за сер.	0,40
2	6	2163	Надзвичайна	1,05	0,38	Нижча за сер.	0,18
3	4	1388	Надзвичайна	3,32	1,15	Вища за сер.	0,83
4	7	2496	Надзвичайна	1,93	0,69	Середня	0,28
5	8	1282	Надзвичайна	1,94	0,31	Нижча за сер.	0,24
6	8	1432	Надзвичайна	2,18	0,39	Нижча за сер.	0,27
7	10	3633	Надзвичайна	1,79	0,65	Середня	0,18
8	14	4081	Надзвичайна	3,18	0,93	Середня	0,23
9	2	480	Надзвичайна	0,15	0,04	Низька	0,08
ДП «Сарненське ЛГ»							
1	5	6043	Надзвичайна	3,68	4,45	Надзвичайна	0,74
2	6	3057	Надзвичайна	5,20	2,65	Висока	0,87
3	2	1292	Надзвичайна	0,85	0,55	Середня	0,43
4	2	1100	Надзвичайна	3,40	1,87	Висока	1,70
5	2	454	Надзвичайна	1,50	0,34	Нижча за сер.	0,75
6	2	343	Надзвичайна	0,90	0,15	Нижча за сер.	0,45
7	3	1043	Надзвичайна	0,60	0,21	Нижча за сер.	0,20
8	2	885	Надзвичайна	0,75	0,33	Нижча за сер.	0,38
9	5	1441	Надзвичайна	1,65	0,48	Нижча за сер.	0,33
10	3	2856	Надзвичайна	0,40	0,38	Нижча за сер.	0,13
11	1	155	Надзвичайна	0,33	0,51	Середня	0,33
12	2	4360	Надзвичайна	1,00	2,18	Висока	0,50
ДП «Рокитнівське ЛГ»							
1	0	0	–	0,00	0,00	–	–
2	1	396	Надзвичайна	0,25	0,10	Нижча за сер.	0,25
3	2	702	Надзвичайна	0,40	0,14	Нижча за сер.	0,20
4	12	3921	Надзвичайна	2,44	0,80	Середня	0,20
5	11	1498	Надзвичайна	1,50	0,20	Нижча за сер.	0,14
6	8	1055	Надзвичайна	1,46	0,19	Нижча за сер.	0,18
7	6	2249	Надзвичайна	1,05	0,39	Нижча за сер.	0,18
8	3	1390	Надзвичайна	0,60	0,28	Нижча за сер.	0,20
9	5	2277	Надзвичайна	3,11	1,42	Вища за сер.	0,62
10	0	0	–	0,00	0,00	–	–
11	2	3035	Надзвичайна	0,35	0,53	Середня	0,18

Продовження табл. Ж.1

Клас віку	Середня горимість						Середня площа однієї пожежі, га
	за кількістю випадків загорання			за площею, пройденою вогнем, га			
	Загалом випадків пожеж	На 1 млн. га площі ЛФ	Відносна горимість	Загальна площа пожеж, га	На 1000 га площі ЛФ	Відносна горимість	
ДП «Остківське ЛГ»							
1	4	4163	Надзвичайна	1,00	1,04	Вища за сер.	0,25
2	8	6608	Надзвичайна	17,30	14,29	Надзвичайна	2,16
3	8	5628	Надзвичайна	7,36	5,18	Надзвичайна	0,92
4	16	7886	Надзвичайна	24,67	12,16	Надзвичайна	1,54
5	28	6106	Надзвичайна	36,50	7,96	Надзвичайна	1,30
6	22	5375	Надзвичайна	31,43	7,68	Надзвичайна	1,43
7	14	5431	Надзвичайна	20,30	7,87	Надзвичайна	1,45
8	17	11059	Надзвичайна	15,85	10,31	Надзвичайна	0,93
9	0	0	–	0,00	0,00	–	–
10	1	3081	Надзвичайна	3,10	9,55	Надзвичайна	3,10

Додаток И

Таблиця И.1

**Горимість сосняків різної повноти окремих ДП
лісового господарства Рівненської області за період 2002–2011 рр.**

Повнота	Середня горимість						Середня площа однієї пожежі, га
	за кількістю випадків загорання			за площею, пройденою вогнем, га			
	Загалом випадків пожеж	На 1 млн га площі ЛФ	Відносна горимість	Загальна площа пожеж, га	На 1000 га площі ЛФ	Відносна горимість	
ДП «Клесівське ЛГ»							
0,3	1	19342,36	Надзвичайна	0,30	5,80	Надзвичайна	0,30
0,4	0	0,00	–	0,00	0,00	–	–
0,5	5	3973,30	Надзвичайна	1,64	1,30	Вища за сер.	0,33
0,6	5	990,61	Надзвичайна	0,91	0,18	Нижча за сер.	0,18
0,7	21	1658,39	Надзвичайна	5,85	0,46	Нижча за сер.	0,28
0,8	30	2589,26	Надзвичайна	9,66	0,83	Середня	0,32
0,9	4	1345,40	Надзвичайна	0,40	0,13	Нижча за сер.	0,10
ДП «Сарненське ЛГ»							
0,3	0	0,00	–	0,00	0,00	–	–
0,4	2	8673,03	Надзвичайна	0,40	1,73	Висока	0,20
0,5	2	941,00	Надзвичайна	0,30	0,14	Нижча за сер.	0,15
0,6	9	1850,56	Надзвичайна	3,68	0,76	Середня	0,41
0,7	13	1243,06	Надзвичайна	8,50	0,81	Середня	0,65
0,8	5	564,09	Надзвичайна	4,78	0,54	Середня	0,96
0,9	3	3606,64	Надзвичайна	1,70	2,04	Висока	0,57
ДП «Рокитнівське ЛГ»							
0,3	1	869,04	Надзвичайна	0,10	0,09	Низька	0,10
0,4	1	594,42	Надзвичайна	0,01	0,01	Низька	0,01
0,5	5	1138,12	Надзвичайна	0,90	0,20	Нижча за сер.	0,18
0,6	1	121,51	Надзвичайна	0,20	0,02	Низька	0,20
0,7	8	737,53	Надзвичайна	3,80	0,35	Нижча за сер.	0,48
0,8	25	3150,40	Надзвичайна	4,33	0,55	Середня	0,17
0,9	9	5957,50	Надзвичайна	1,82	1,20	Вища за сер.	0,20
ДП «Остківське ЛГ»							
0,3	0	0,00	–	0,00	0,00	–	–
0,4	1	2265,01	Надзвичайна	3,30	7,47	Надзвичайна	3,30
0,5	3	2155,02	Надзвичайна	3,70	2,66	Висока	1,23

Продовження таблиці И.1

Повнота	Середня горимість						Середня площа однієї пожежі, га
	за кількістю випадків загорання			за площею, пройденою вогнем, га			
	Загалом випадків пожеж	На 1 млн га площі ЛФ	Відносна горимість	Загальна площа пожеж, га	На 1000 га площі ЛФ	Відносна горимість	
0,6	7	2161,09	Надзвичайна	11,83	3,65	Надзвичайна	1,69
0,7	25	3637,47	Надзвичайна	28,94	4,21	Надзвичайна	1,16
0,8	58	8103,27	Надзвичайна	71,46	9,98	Надзвичайна	1,23
0,9	23	18720,49	Надзвичайна	38,28	31,16	Надзвичайна	1,66

Додаток К

Таблиця К.1

Характеристика постійних пробних площ

№ ПП	ЛГ	Л-во	Кв.	Вид.	Вік	Едагоп	Діаметр, см	Бонітет	Повнота	Запас, м ³ га ⁻¹	% ділових	Рік пожежі
1	Ост	Кам	24	4	24	A ₃	8,3	2	0,81	68	0	2011
2	РКТ	Мсц	30	3	56	A ₂	18,5	2	0,68	186	70	2010
3	Срн	Нем	19	7	48	A ₂	21,6	1	0,75	264	70	2012
4	РКТ	Мсц	29	21	61	A ₂	18,8	1	0,70	290	70	2012
5	Ост	Кам	19	1	52	A ₂	15,4	2	0,9	260	80	2011
6	Ост	Кам	19	1	52	A ₂	15,4	2	0,90	260	80	2012
7	Ост	Кам	14	11	59	B ₄	20,8	2	0,80	280	80	2011
8	Срн	Срн	104	22	60	B ₃	24,0	2	0,83	244	80	2011
9	Срн	Нем	19	3	62	B ₃	24,9	1	0,75	325	70	2012
10	Срн	Срн	68	2	71	B ₂	27,9	1	0,74	396	90	2010
11	Срн	Срн	38	10	85	B ₂	37,2	1	0,66	355	90	2010
12	Срн	Нем	19	9	86	B ₃	35,7	2	0,71	360	70	2012
13	Зар	Лок	60	18	68	B ₃	16,8	1	0,70	340	70	2012
14	Зар	Лок	51	24	51	B ₃	19,7	1	0,89	190	65	2012
15	Зар	Лок	51	24	51	B ₃	17,5	1	0,89	190	65	2012
16	Зар	Лок	60	18	68	B ₃	16,5	1	0,70	340	70	2012
17	Зар	Лок	52	37	27	B ₃	8,2	2	0,90	40	0	2012
18	Срн	Нем	19	9	85	B ₃	33,0	2	0,71	360	70	2012
19	Срн	Нем	19	11	61	B ₃	25,0	1	0,64	266	70	2012
20	Ост	Кам	54	33	86	B ₃	27,4	2	0,80	276	80	2013
21	Ост	Кам	54	33	86	B ₂	24,0	2	0,80	276	80	2013
22	РКТ	РКТ	31	5	32	A ₂	9,5	3	0,84	84	0	2013
23	РКТ	РКТ	31	8	58	A ₂	17,7	2	0,70	227	70	2013
24	Срн	Нем	19	3	69	B ₃	24,0	1	0,73	319	70	2012
25	Срн	Нем	19	3	69	B ₃	24,0	1	0,73	319	70	2012
26	Срн	Нем	19	7	56	B ₃	18,0	1	0,74	254	70	2012
27	Срн	Нем	19	9	119	B ₃	38,0	3	0,52	191	70	2012

Продовження табл. К.1

№ ПП	ЛГ	Л-во	Кв.	Вид.	Вік	Едагоп	Діаметр, см	Бонітет	Повнота	Запас, м ³ га ⁻¹	% ділових	Рік пожежі
28	РКТ	РКТ	31	13	72	A ₂	24,0	2	0,50	180	80	2013
29	РКТ	РКТ	31	17	54	A ₂	22,0	2	0,75	260	70	2013
30	РКТ	РКТ	21	42	72	A ₂	24,0	2	0,70	300	70	2013
31	РКТ	РКТ	31	8	62	A ₂	20,0	2	0,70	220	70	2013
32	РКТ	РКТ	21	42	72	A ₂	24,0	2	0,70	300	70	2013
33	РКТ	РКТ	21	42	72	A ₂	24,0	2	0,70	300	70	2013
38	РКТ	РКТ	10	44	26	B ₂	10,0	2	0,60	20	5	2014
39	РКТ	РКТ	10	43	31	B ₂	10,0	2	0,80	50	5	2014
40	РКТ	РКТ	10	45	21	B ₂	10,0	2	0,40	20	5	2014
41	РКТ	РКТ	10	49	66	B ₂	20,0	2	0,50	150	30	2014
42	РКТ	РКТ	10	38	61	B ₂	22,0	4	0,50	130	14	2014
43	Влд	Центр	47	3	66	A ₂	22,0	2	0,55	175	45	2014
44	Влд	Центр	47	12	56	B ₄	20,0	3	0,60	120	55	2014
45	Влд	Центр	47	3	66	A ₂	22,0	2	0,55	175	45	2014
47	Ост	Блв	38	14	65	B ₂	24,0	2	0,70	240	—	2015
48	Ост	Блв	38	13	65	A ₁	14,0	5	0,70	90	—	2015
49	Ост	Блв	38	14	65	B ₂	24,0	2	0,70	240	—	2015
50	Ост	Блв	31	9	56	A ₂	18,0	2	0,70	190	—	2015
51	Ост	Блв.	31	25	63	B ₃	28,0	1A	0,80	330	—	2015
52	Ост	Блв	31	25	63	B ₃	28,0	1A	0,80	330	—	2015
53	Ост	Блв	31	25	63	B ₃	28,0	1A	0,80	330	—	2015
54	Клс	Люб	17	20	122	B ₄	28,0	3	0,70	265	65	2015
55	Клс	Люб	17	6	72	A ₄	24,0	2	0,70	260	80	2015
56	Клс	Люб	17	7	72	A ₄	24,0	2	0,70	260	80	2015
57	Клс	Люб	2	10	57	B ₃	22,0	1a	0,70	220	—	2015
58	Клс	Люб	2	9	37	A ₅	10,0	4	0,50	30	—	2015
59	Ксп	Мащ	82	28	72	B ₃	24,0	2	0,70	200	20	2015

Додаток Л

Таблиця Л.1

**Характеристика пірологічного пошкодження та динаміка
санітарного стану на дослідних об'єктах**

№ ППП	Опiк тонкої кори, м	Висота нагару, м	Період після пожежі, місяців	Розподіл дерев за категоріями стану, %						Iс
				I	II	III	IV	V	VI	
1	-0,42	1,3	24	–	3,4	41,9	6,0	28,2	20,5	4,2
2	-1,92	1,4	24	0,0	1,0	20,2	52,9	5,8	20,2	4,2
3	-2,45	1,4	24	–	22,9	66,7	4,2	3,1	3,1	3,0
4	-2,97	1,0	12	–	55,4	42,9	1,8	–	–	2,5
5	-0,82	2,1	12	–	–	29,3	24,2	20,9	25,6	4,4
6	-0,4	2,4	12	–	–	17,1	39,3	37,6	6,0	4,3
7	-1,33	1,8	12	–	1,0	47,1	8,8	28,4	14,7	4,1
8	-3,59	1,3	12	0,0	7,6	51,3	4,2	34,5	2,5	3,7
9	-2,47	2,4	4	–	–	18,6	61,8	19,6	–	4,0
10	-4,77	0,5	4	–	2,8	27,8	–	41,7	27,8	4,6
11	-5,38	0,8	4	–	9,1	57,6	3,0	30,3	–	3,5
12	-4,12	1,5	4	–	24,8	62,4	7,9	4,0	1,0	2,9
13	-1,6	2,1	14	0,0	15	16,7	13,3	48,3	6,7	4,2
14	-2,5	1,3	14	0,0	37,7	45,9	9,8	4,9	1,6	2,8
15	-2,8	1,3	14	1,6	38,7	41,9	8,1	4,8	4,8	2,9
16	-2,7	1,3	14	2,0	46,0	44,0	2,0	0,0	6,0	2,7
17	-0,37	1,4	14	0,0	7,8	25,0	35,9	10,9	20,3	4,1
18	-5,1	1,0	16	0,0	5,8	27,9	10,3	17,6	38,2	4,5
19	-2,8	1,0	16	0,0	20,0	35,0	5,0	28,0	10,0	3,7
20	-3,4	0,6	2	6,7	76,7	10,0	0,0	0,0	0,0	2,2
21	-2,6	1,0	2	0,0	50,0	20,0	3,3	3,3	0,0	2,6
22	-0,2	2,5	3	0,0	0,0	5,8	81,2	13,0	0,0	4,1
23	-2,9	0,9	3	3,1	59,4	21,9	9,4	3,1	3,1	2,6
24	3,9	1,0	4	0,0	18,0	38,0	5,0	29,0	10,0	3,7
			16	0,0	8,0	38,0	4,0	7,0	43,0	4,4
			28	0,0	0,0	27,0	21,0	4,0	48,0	4,7
25	4	1,2	4	1,0	26,0	45,0	7,0	14,0	6,0	3,3
			16	3,0	19,0	41,0	14,0	9,0	14,0	3,5
			28	0,0	0,0	37,0	35,0	3,0	25,0	4,2
26	4,2	1,6	4	0,0	40,0	41,0	5,0	1,0	12,0	3,1
			16	0,0	14,0	58,0	11,0	4,0	13,0	3,5
			28	0,0	0,0	55,0	28,0	1,0	16,0	3,8

Продовження табл. Л.1

№ ППП	Опiк тонкої кори, м	Висота нагару, м	Перiод пiсля пожежi, мiсяцiв	Розподiл дерев за категорiями стану, %						Iс
				I	II	III	IV	V	VI	
27	5,7	1,1	4	0,0	6,0	33,0	12,0	38,0	12,0	4,2
			16	1,0	3,0	25,0	7,0	6,0	58,0	4,8
			28	6,0	2,0	20,0	10,0	2,0	60,0	4,8
28	3,1	1,6	12	0,0	7,0	34,0	4,0	3,0	51,0	4,6
29	2,8	2,6	12	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	85,0	5,9
30	3,3	1,5	12	0,0	2,0	66,0	5,0	9,0	18,0	3,8
			24	0,0	0,0	20,0	50,0	3,0	28,0	4,4
31	3,5	K	0	26,0	42,0	21,0	6,0	1,0	4,0	2,3
32	3,6	2,6	12	0,0	12,0	28,0	3,0	16,0	42,0	4,5
33	4,2	2,2	12	0,0	23,0	38,0	15,0	0,0	24,0	3,6
			24	0,0	0,0	37,0	23,0	7,0	33,0	4,3
38	2,6	2,3	2	2,0	5,0	19,0	17,0	57,0	0,0	4,2
			14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	6,0
39	3,6	3,5	2	0,0	0,0	0,0	17,0	83,0	0,0	4,8
			14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	6,0
40	2,3	3,6	2	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0	0,0	4,5
			14	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	5,0
41	2,6	1,2	2	0,0	16,0	53,0	27,0	2,0	2,0	3,2
			14	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	81,0	5,4
42	3,5	1	2	0,0	4,0	26,0	39,0	28,0	4,0	4,0
			14	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	88,0	5,6
43	5,8	1,1	4	0,0	38,0	62,0	0,0	0,0	0,0	2,6
			16	0,0	0,0	64,0	8,0	28,0	0,0	3,6
44	5,7	1,1	4	0,0	21,0	79,0	0,0	0,0	0,0	2,8
			16	0,0	0,0	61,0	33,0	5,0	2,0	3,5
45	4,1	1,5	4	0,0	3,0	82,0	6,0	5,0	3,0	3,2
			16	0,0	0,0	21,0	20,0	49,0	10,0	4,5
47	4,1	2,2	1	0,0	10,0	23,0	32,0	30,0	5,0	4,0
			13	0,0	3,0	23,0	27,0	35,0	12,0	4,3
48	3,3	2,5	1	0,0	0,0	53,0	33,0	12,0	2,0	3,6
			3	0,0	0,0	57,0	37,0	4,0	2,0	3,5
49	2,8	1,5	1	0,0	0,0	25,0	42,0	30,0	3,0	4,8
			13	0,0	0,0	19,0	41,0	19,0	21,0	4,4
50	3,2	2,5	1	0,0	0,0	7,0	39,0	48,0	7,0	4,5
			13	0,0	0,0	14,0	44,0	10,0	32,0	4,6
51	5,3	2,6	7	0,0	3,0	68,0	29,0	0,0	0,0	3,7
			19	0,0	0,0	15,0	24,0	46,0	15,0	4,6
52	4,7	0,8	7	0,0	0,0	79,0	20,0	2,0	0,0	3,3
			19	0,0	0,0	28,0	39,0	32,0	1,0	4,1

Продовження табл. Л.1

№ ППП	Опik тонкої кори, м	Висота нагару, м	Період після пожежі, місяців	Розподіл дерев за категоріями стану, %						Iс
				I	II	III	IV	V	VI	
53	4,2	1,1	3	0,0	1,0	54,0	6,0	0,0	0,0	3,1
			15	0,0	0,0	5,0	11,0	84,0	0,0	4,8
54	6,3	1,1	3	0,0	0,0	69,0	25,0	0,0	6,0	3,4
			15	0,0	0,0	0,0	0,0	94,0	6,0	5,1
55	4,9	0,3	3	0,0	0,0	71,0	25,0	0,0	4,0	3,3
			15	0,0	0,0	3,0	3,0	91,0	3,0	4,9
56	4,9	0,6	3	0,0	0,0	48,0	44,0	0,0	8,0	3,5
			15	0,0	0,0	0,0	0,0	94,0	6,0	5,1
57	5	2,2	3	0,0	0,0	75,0	19,0	2,0	4,0	3,3
			15	0,0	0,0	26,0	29,0	37,0	9,0	4,3
59	6,5	1,1	3	0,0	0,0	94,0	6,0	0,0	0,0	3,1
			15	0,0	0,0	46,0	37,0	15,0	2,0	3,7

Додаток М



Державне агентство лісових ресурсів України
 РІВНЕНСЬКЕ ОБЛАСНЕ УПРАВЛІННЯ ЛІСОВОГО
 ТА МИСЛИВСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ОСТКІВСЬКИЙ ЛІСГОСП»
 34252, вул. Незалежності 2, с. Остки, Рокитнівського р-ну, Рівненської області,
 тел./факс (03635) 2-39-94
 E-mail: Ostkiz@ukr.net

№ 487 від 16.10.2019р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Цим актом підтверджується, що здобувачем Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького Олегом Миколайовичем Ткачем у Державному підприємстві «Остківське лісове господарство» Рівненського обласного управління лісового та мисливського господарства упродовж 2012-2017 рр. проведено наукові дослідження:

- Сформовано та проаналізовано базу даних лісових пожеж, виявлено часові та просторові тенденції їх виникнення.
- Встановлено запас та особливості структури лісової підстилки як основного компонента лісових горючих матеріалів у соснових лісах Полісся.
- Визначено особливості пошкодження та післяпожежного розвитку сосняків Рівнинщини у різних едаціях, з різним періодом після пожежі та типом пошкодження, а також за умов аномальності погодних умов.

Роботу виконано під час опрацювання державних науково-дослідних тем № 23 «Вивчити структурно-функціональні зміни деревостанів в умовах антропогенного впливу та розробити рекомендації щодо ведення лісового господарства в них», та № 7 «Вивчити стан та особливості росту насаджень, ушкоджених низовими пожежами, та визначити критерії прогнозування їх деградації в умовах Степу». Результати досліджень впроваджені в «Рекомендації щодо ведення лісового господарства в умовах антропогенного впливу» (схвалені Науково-технічною Радою Державного агентства лісових ресурсів України, протокол № 2 від 16.04.2017 р.).

Основні результати дисертаційних досліджень Олега Миколайовича Ткача використовуються у ДП «Остківське лісове господарство» на площі – 35600 га.

Директор ДП «Остківське ЛГ»



М.М. Михайленко



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАДСЛУЧАНСЬКИЙ ІНСТИТУТ

вул. Чорновола, 25, м. Березне, Рівненська обл., 34600, телефон (03653) 5-52-45

E-mail: listinstitui@nuvgti.edu.ua, код ЄДРПОУ 38503405

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження Ткача Олега Миколайовича на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю «Лісознавство і лісівництво».

Комісія у складі завідувача кафедри Лісівництва Надслучанського інституту НУВГП, кандидата сільськогосподарських наук, доцента Івашиноги Сергія Володимировича та директора Надслучанського інституту НУВГП кандидата сільськогосподарських наук, доцента Фізика Ігоря Васильовича цим Актом засвідчує, що результати дисертаційного дослідження Ткача Олега Миколайовича можуть бути використані співробітниками кафедри Лісівництва Надслучанського інституту НУВГП при підготовці фахівців освітнього ступеня Бакалавр у галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 205 «Лісове господарство» і викладанні курсу лекцій з дисципліни «Лісова гірولوجія».

Кандидат
сільськогосподарських наук,
доцент кафедри Лісівництва
НСІ НУВГП

Івашинога С.В.

Кандидат
сільськогосподарських наук,
доцент, директор НСІ НУВГП



Фізик І. В.

Додаток Н

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Мельник Є. Є. Лісівничо-екологічні особливості виникнення пожеж у лісах Рівненщини. Лісівництво і агролісомеліорація. 2013. Вип. 124. С. 146–153. (*Особистий внесок: збір і аналіз даних*).

2. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Тенденції у післяпожежному розвитку сосняків Рівненщини. Лісівництво і агролісомеліорація. 2014. Вип. 125. С. 181–187. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

Статті в наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних

3. Ткач О. М. Тенденції виникнення пожеж у лісах Рівненщини. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.9. С. 84–89.

4. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Особливості пошкодження сосняків пожежами в Поліссі. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.10. С. 45–50 (*Особистий внесок: участь у польових дослідженнях, аналіз даних*).

5. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Особливості пошкодження пожежами лісів у Поліссі. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2016. № 14. С. 38–44. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

6. Ворон В. П., Борисенко В. Г., **Ткач О. М.**, Мунтян В. К., Барабаш І. О. Параметри горіння підстилки соснових лісів Українського Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2016. Вип. 129. С. 130–138. (*Особистий внесок: відібрано моноліти, аналіз даних*).

7. Ворон В. П., Коваль І. М., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Постпірогенна динаміка радіального приросту в середньовіковому сосняку Рівненського Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 130. С. 159–168. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

8. Ворон В. П., Коваль І. М., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Зміни радіального приросту в пошкодженому пожежею сосновому деревостані в Західному Поліссі. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27, № 9. С. 56 – 59. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

9. Ткач О. М. Пірогенне пошкодження та зміни товарності сосняків Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 131. С. 150–157.

10. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є. Запаси підстилки та живого надґрунтового покриву як показник пожежного ризику в соснових лісах Полісся. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2018. Вип 16. С. 9–16. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

11. Ворон В. П., Борисенко В. Г., Барабаш І. О., Мунтян В. К., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є. Вплив теплового випромінювання на лісові ґрунти. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 132. С. 105–114. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

12. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., **Ткач О. М.** Структура підстилки як показник потенційного пожежного ризику в соснових лісах Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 132. С. 115–123. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

Статті в закордонних наукових фахових виданнях

13. Ворон В. П., **Ткач О. Н.**, Сидоренко С. Г. Особенности пирогенного повреждения сосняков Полесья в засушливые годы. Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. 2017. Вып. 77. С. 413–424. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

Матеріали та тези конференцій

14. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Е. Е., **Ткач О. Н.** Прогнозирование развития сосняков Украины, поврежденных низовыми пожарами. Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития: материалы междунар. научно-практ. конф., Гомель, 09–11 октября 2013 г. Институт леса НАН Беларуси, 2013. С. 9–12. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

15. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Є.Є., **Ткач О. М.** Вивчення тенденцій виникнення та пошкодження лісів пожежами в різних природних зонах України. Лісівнича наука в контексті сталого розвитку: матеріали наук. конф. Харків, УкрНДІЛГА, 2015. С. 95–97. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

16. **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Зниження товарності деревини в сосняках, пошкоджених низовими пожежами у Поліссі. Матеріали V Міжнародної наук. конф. молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (м. Харків, 29–30 листопада 2017 р.). Харків, 2017. С. 28–31. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

17. Коваль І. М., Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Бологов О. Ю., Мельник Є. Є., **Ткач О. М.**, Невмивака М. А., Воронін В. О. Дендрохронологічні аспекти післяпірогенного розвитку соснових насаджень в Поліссі та Лісостепу. XIII Всеукраїнські наукові Таліївські читання (19–20 квітня, 2017, м. Харків): матеріали конф. Харків, 2017. С. 28–31. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

18. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Specifics of forest damage type and severity after surface fires in Polissya. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів» (м. Житомир, 24 листопада 2017 р.). Житомир, 2017. С. 26–27. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).