

УДК 630*431

ЕКОЛОГО-ПРОСТОРОВІ ОСОБЛИВОСТІ СЕРЕДОВИЩА ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПОЖЕЖНУ БЕЗПЕКУ ЛІСІВ

А.Д.Кузик, кандидат фізико-математичних наук, доцент,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Здійснено аналіз впливу еколого-просторових особливостей лісу на пожежну безпеку. Цей вплив полягає в особливості внутрішньої структури лісу, зокрема повноти та густоти, породного складу, а також розмірів масиву, форми, наявності галявин, розривів, сполучень фрагментів та інших геометричних та топологічних особливостей. Спосіб розташування дерев впливає на локальні пожежонебезпечні параметри, а геометричні та топологічні особливості – на формування узлісь з їх специфічними пожежонебезпечними властивостями.

Ключові слова: лісова пожежа, екологічні умови лісу, мікроклімат, просторова структура лісу.

Ліси характеризуються складною просторовою структурою, зумовленою впливом різноманітних зовнішніх та внутрішніх факторів [1, 2]. Горизонтальна структура описується координатами дерева та його параметрами: діаметром стовбура та горизонтальною проекцією крони. Вертикальна структура дерева характеризується його висотою та вертикальною проекцією крони, яка залежить від її форми. Ці параметри залежать від породи дерева та умов місця зростання. В одноярусних деревостанах всі дерева близькі за віком (або висотою – у мішаних лісах). Багатоярусні виникають внаслідок можливості співіснування дерев різної висоти (світлолюбиві займають перший ярус, невитривалі розміщуються в нижніх ярусах). Неоднорідність горизонтальної та вертикальної структур зумовлює різну небезпеку виникнення пожеж через неоднакову кількість та стан горючого матеріалу, його розташування у просторі, наявність або відсутність трав'яного покриву, чагарників та інші особливості. Причиною цього є особливості будови деревостану, від якої залежить величина потоків сонячної радіації, вітру, атмосферні опади, що досягають поверхні ґрунту, мікрокліматичні умови під наметом та ін. Незважаючи на істотність ролі еколого-просторових особливостей лісу в його пожежній безпеці, окрім окремих згадок, досліджень у цьому напрямі не проводилося.

Метою роботи є аналіз залежності пожежної безпеки лісу від його еколого-просторових особливостей.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо спочатку горизонтальну структуру одноярусних деревостанів. Основними таксаційними характеристиками є тип лісу, породний склад, вік, повнота і густота [3]. Проте ці характеристики містять лише загальну інформацію про певну ділянку (виділ, квартал, тощо) та можуть використовуватися лише для загального оцінювання пожежної небезпеки на цій ділянці. Така оцінка буде справедливою для рівномірного розташування дерев одного віку та породи. Рівномірне розташування може бути наслідком багаторічного природного розвитку (рис. 1а) або штучного насадження (рис. 1б). В обох випадках розподіл координат дерев описується законом рівномірного розподілу.

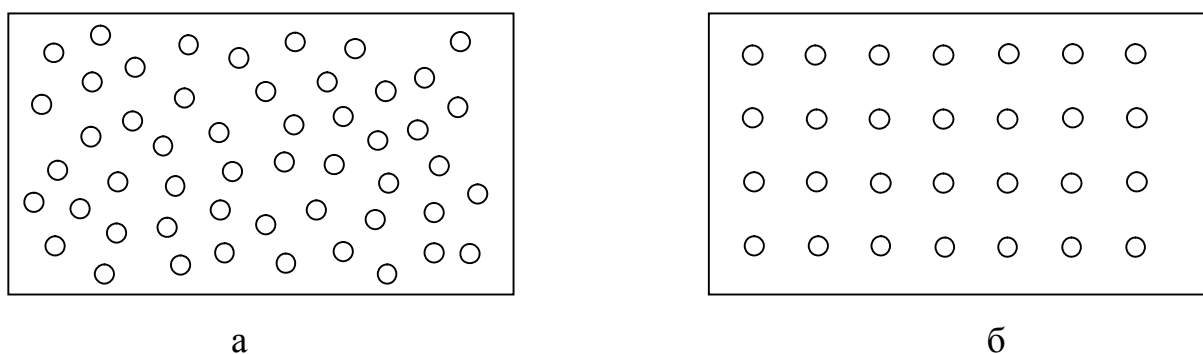


Рис. 1. Рівномірне розміщення дерев

а – природне; б - штучне

В результаті низки причин екологічного характеру з елементами випадковості, розташування дерев може бути і нерівномірним. У такому випадку в певних місцях ділянки виникають скупчення дерев, які формують мікроасоціації (рис. 2).

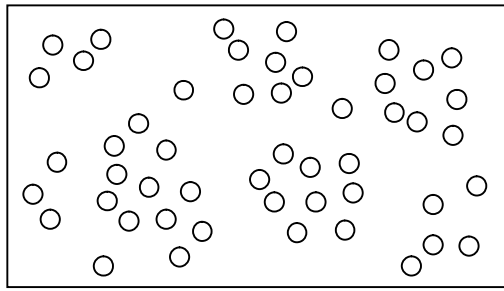


Рис. 2. Нерівномірне розташування дерев з виникненням скупчень

При нерівномірному розташуванні дерев густота повнота деревостану будуть неоднаковими в різних місцях ділянки. В місцях скупчення ці параметри зростатимуть. Обчислити їх можна із застосуванням діаграм Вороного за методикою, запропонованою в [4]. У місцях зростання повноти та густоти міститиметься та накопичуватиметься більше горючого матеріалу в підстилці на одиницю площі, меншим буде її зволоження внаслідок затримування кронами опадів та посиленого використання вологи деревами. Проте висушування підстилки йтиме повільніше через слабший, ніж на ділянках з меншою повнотою, радіаційний тепловий потік від Сонця та меншу швидкість вітру, зумовлену аеродинамічним опором близько розташованих стовбурів. Щодо мікрокліматичних умов, то температура повітря під наметом у місцях з більшою густотою та повнотою буде нижчою, а відносна вологість – вищою порівняно з розрідженими ділянками та відкритим простором.

Внаслідок цього волога у підстилці утримуватиметься довше. Через високу густоту намету в таких місцях опади до поверхні ґрунту проникають не одразу, затримуючись на поверхні крон. Тому, при опадах незначної сили та тривалості зволоження буде незначним. Проте за тривалої сухої погоди та високих температур повітря місця скупчення дерев можуть стати небезпечнішими через наявність більшої кількості горючого матеріалу. Загалом, висушуванню та зволоженню підстилки в місцях скупчень властива інерційність.

У місцях з меншою повнотою (розріджень) полегшується проникання опадів на поверхню ґрунту. Це пов'язане із зростанням частки проекції

відкритого простору, яку можна оцінити для окремого дерева за допомогою діаграм Вороного. Комірка Вороного – це зона близькості відповідного їй дерева. А відкритий простір для цього дерева буде доповненням до комірки горизонтальної проекції крони (рис. 3).

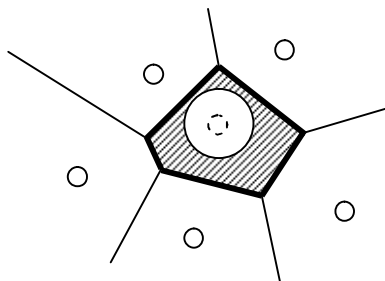


Рис. 3. Комірка Вороного (виділений багатокутник, у якому сірим кольором зображено горизонтальну проекцію крони, заштрихований фрагмент – проекція відкритого простору)

Частку відкритого простору в межах комірки Вороного обчислюють за формулою

$$k_{в.п.} = \frac{S_{пр.кр.}}{S_w}, \quad (1)$$

де $S_{пр.кр.}$ – площа горизонтальної проекції крони, S_w – площа комірки Вороного. При вітрі з дощем поверхня ґрунту, яка зволожується, може незначно відхилитися за напрямом вітру від проекції відкритого простору. Це зумовлено рухом траєкторії крапель. Відхилення буде залежати не лише від швидкості вітру, а і від висоти дерев першого ярусу.

Через відкритий простір у наметі на поверхню ґрунту потраплятимуть теплові потоки прямої та розсіяної сонячної радіації, а крізь крони – відфільтрованої радіації [5]. У зв'язку з рухом Сонця по небосхилу змінюється його розташування та нахил над горизонтом. Внаслідок цього теплові потоки прямої радіації потраплятимуть на іншу частину поверхні ґрунту під наметом. Площа та розташування освітлених прямою радіацією ділянок у кожен момент часу буде відрізнятися від проекцій прогалін у наметі. Оскільки промені Сонця завжди похилі (окрім екватора в полудень), то площа, освітлена ними,

буде залежати також від вертикальної структури деревостану та форми крон, які формують просвіт. Прогалини в наметі сприяють також потраплянню розсіяної радіації, яка пропорційна сумі просторових кутів, крізь які видно всі прогалини з цієї точки на поверхні ґрунту. Найбільшу роль у висушуванні горючого матеріалу відіграє пряма радіація. За її відсутності відбувається конвективне висушування, яке залежить від мікрокліматичних параметрів та триває значно довше. Розсіяна та відфільтрована радіація сприяє процесам фотосинтезу в рослинах під наметом. Від цих складових залежить ріст трав'янистих рослин та чагарників.

Окрім особливостей структури всередині масиву, на пожежну небезпеку впливає також і форма масиву, його просторове розташування, наявність галявин, зв'язність фрагментів та інші топологічні особливості. На межі відкритого простору та лісу формується узлісся [6], яке характеризується відмінними від решти лісу не лише екологічними та мікрокліматичними, а і пожежонебезпечними властивостями. Із збільшенням площі лісу зменшується протяжність, а, отже, й частка площі узлісь. Проте ця частка істотно залежить не лише від площі, а і від його геометричної форми. Якщо ширина ділянки лісу є малою (має вигляд вузької смуги шириною до сотні метрів), узлісся поширюється на весь цей простір із характерними особливостями. Прикладами такої форми є смуги лісу, залишені після рубок, захисні лісосмуги, насадження у розсадниках, тощо.

Якщо масив лісу має достатньо велику ширину у всіх напрямках, то пожежна небезпека всередині нього формується під впливом особливостей його внутрішньої просторової структури та породного складу поблизу місця, яке розглядається. Зовнішній вплив відбувається через намет. Із наближенням до зовнішнього або внутрішнього узлісся зростає вплив зовнішнього середовища – потоків вітру та розмаїття рослинного складу. Безпосередньо на узліссі, окрім вказаних вище факторів, зростає величина радіаційних теплових потоків сонячного проміння, які проникають зі сторони відкритого простору.

Закономірності поширення пожеж також залежать від структури лісу, породного складу, а також місця пожежі. Специфіка поведінки пожежі зумовлена станом горючого матеріалу, його просторовим розміщенням та зовнішніми факторами, а тому буде залежати від місця виникнення у лісовому масиві та його геометричних та топологічних особливостей. Проблемам поширення лісових пожеж присвячено низку робіт [7-10 та ін.]. Проте у них недостатньо уваги приділяється еколого-просторовим особливостям лісів. При пожежі на узліссі швидкість поширення буде неоднаковою в різних напрямках та залежатиме від вітру, який має напрям до середини лісу та буде ослаблюватися із просуванням вглиб. Визначальним при цьому є також і запас та стан горючого матеріалу. Якщо підстилка на узліссі сухіша, ніж всередині лісу, то за відсутності вітру поширення пожежі спочатку буде відбуватися вздовж узлісся. Проте за наявності вітру, спрямованого всередину лісу, швидкість поширення пожежі зростатиме в напрямі вітру. На швидкість поширення впливає також рельєф місцевості, збільшуючи її у напрямі зростання висоти. Один із варіантів розрахунку швидкості поширення низової пожежі наведений у [11].

При виникненні пожежі всередині лісу швидкість її поширення зазнає меншого впливу вітру, а більше залежить від рельєфу, стану та кількості горючих матеріалів. При невеликому запасі горючих матеріалів у підстилці вони швидко згоряють, зумовлюючи невелику ширину смуги горіння. Внаслідок цього висота полум'я, яка є залежною від ширини осередку горіння, буде невеликою. Прогрівання стовбурів дерев та нижніх гілок радіаційним тепловим потоком від поверхні полум'я буде недостатнім для їх займання та поширення горіння у вертикальному напрямі. Обчислення радіаційного теплового потоку з поверхні полум'я на горизонтальну поверхню наведено в [12], на вертикальну – у [13]. За наявності значних запасів горючого матеріалу у підстилці ширина смуги горіння та висота полум'я зростатиме, внаслідок чого пожежа може перейти у верхову. Внаслідок вітровалів, сухостою, захарщення хмизом, тощо, такий перехід полегшується. Особливу небезпеку становить

перехід низової пожежі у верхову на узліссі. У такому випадку за наявності вітру вогонь швидко поширюється не лише підстилкою та нижнім ярусом, а і кронами верхнього ярусу, призводячи до масштабних пожеж.

Як уже зазначалося, процес виникнення та поширення пожежі залежить від породного складу дерев, горючі властивості яких є неоднаковими. У зв'язку з цим у мішаних лісах виникають різні локальні умови: склад (частка хвої) і товщина підстилки навколо окремих дерев та між ними, неоднаковий трав'янистий покрив, висихання дерев внаслідок конкуренції у боротьбі за світло і вологу, різна форма крон, сезонний характер властивостей для листяних порід порівняно з хвойними та ін. Внаслідок цього навіть на незначній відстані можуть формуватися різні умови виникнення та поширення пожежі. Звичайно опис структури лісового масиву на рівні окремого дерева є складним та трудомістким. Проте з використанням технологій дистанційного зондування Землі за допомогою авіації та космічних апаратів такий опис може бути реальним за наявності відповідного програмного забезпечення на основі ГІС лісового господарства [14].

Багатоярусні ліси порівняно з одноярусними характеризуються більшим затриманням сонячного випромінювання та опадів, меншою температурою та більшою відносною вологістю під наметом, меншим коливанням цих параметрів [15]. Тому небезпека пожеж у таких лісах буде меншою. Проте багатоярусність створює кращі передумови переходу від низової пожежі до верхової [16]. Тому за сухої погоди та великої інтенсивності низової пожежі їх небезпека є вищою, ніж одноярусних. На пожежну небезпеку таких лісів значно впливає породний склад. Наявність у соснових лісах другого ярусу листяних порід зменшує небезпеку переходу пожежі у верхову, а хвойно-листяна структура опаду сприяє швидшому його розкладанню, ніж опаду лише хвойних дерев.

Висновки. На виникнення та поширення лісових пожеж значно впливає еколого-просторова структура лісу, наслідком якої є формування неоднакових пожежонебезпечних властивостей, зумовлених рослинним складом, ярусністю,

геометричними та топологічними особливостями структури деревостану та способом розміщення в ньому дерев, а також ступенем зовнішнього впливу на формування сприятливих умов для виникнення та поширення пожежі залежно від місця всередині масиву. У зв'язку з цим актуальним завданням є розробка ГІС-систем на рівні окремих дерев з можливістю врахування цих закономірностей та визначення пожежної небезпеки в кожній точці лісу.

Список літератури

1. *Кучерявий В. П.* Фітомеліорація / В.П. Кучерявий. – Львів: Світ, 2003. – 540 с.
2. *Цурик Є. І.* Таксаційні ознаки й будова насаджень / Є. І. Цурик. – Львів : УкрДЛТУ, 2001. – 362 с.
3. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии / Минлесхоз УССР. – К. : Урожай, 1987. – 560 с.
4. *Кузик А. Д.* Про повноту і густоту деревостану та уточнені методи їх визначення / А.Д.Кузик // Лісівництво і агролісомеліорація : Збірник наукових праць. – 2010. – Вип. 117. – С. 187-191.
5. *Цельникер Ю. Л.* Радиационный режим под пологом леса / Ю. Л. Цельникер. – М. : Наука, 1969. – 100 с.
6. *Бондаренко В. Д.* Узлісся: Екологія, функції та формування / В. Д. Бондаренко, О. І. Фурдичко. – Львів : Астериск, 1993. – 64 с.
7. *Weber R. O.* Modelling fire spread through fuel beds / R. O. Weber // Prog. Energy Combust. Sci. – 1991. – Vol. 17. – PP. 67-82.
8. *Гришин А. М.* О математическом моделировании природных пожаров и катастроф / А. М. Гришин // Вестник Томского государственного университета. Серия Математика и механика. – 2008 - № 2(3). – С. 105-114.
9. *Дигало О. М.* Ідентифікація моделей швидкості розповсюдження фронту лісової пожежі та їх практичні застосування: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. О. М. Дигало– Х., 2003. – 22 с.

10. Доррер Г. А. Компьютерные обучающие средства для подготовки специалистов по охране леса / Г. А. Доррер, Т. Н. Иванилова // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – Т. XXV, № 1-2. – С. 128-134.

11. Кузик А. Д. Особливості виникнення та поширення лісової пожежі / А. Д. Кузик, О. О. Карабин // Заповідна справа в Галичині, на Поділлі та Волині: Науковий вісник УкрДЛТУ. – 2004. – Вип. 14.8. – С. 438-442.

12. Кузик А. Д. Моделювання теплового випромінювання від деяких малопотужних джерел / А. Д. Кузик // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2008. – № 1(17). – С. 91-100.

13. Мичко А. А. Математичне моделювання теплового випромінювання для випробування захисного одягу пожежників-рятувальників / А. А. Мичко, А. Д. Кузик, А. С. Лин // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – 2009. – № 14. – С. 171-177.

14. Международный семинар проекта "ТехИнЛес", г. Боярка, 4-5 ноября 2010 г. // ВО "Укрдержліспроект" [Електронний ресурс]. – <http://www.lisproekt.gov.ua/modules.php?name=News&file=article&sid=66>.

15. Ониськів М. І. Піднаметові культури як фітомеліорація і реконструкція малоцінних лісових насаджень / М. І. Ониськів, М. В. Сбитна // Лісівнича академія наук України: Наукові праці. – 2004. – Вип. 3. – С. 66-69.

16. Кузик А. Д. Умови та способи переходу низової пожежі у верхову / А. Д. Кузик // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.13. – С. 103-108.

Осуществлен анализ влияния эколого-пространственных особенностей леса на пожарную безопасность. Это влияние заключается в особенности внутренней структуры леса, в частности его полноты и густоты, породного состава, а также размеров массива, формы, наличия полян, разрывов, сочетаний фрагментов и других геометрических и топологических особенностей. Способ размещения деревьев влияет на локальные пожароопасные параметры, а геометрические и топологические особенности – на формирование опушек с их специфическими пожароопасными свойствами.

Ключевые слова: лесной пожар, экологические условия леса, микроклимат, пространственная структура леса.

Is analyzed the influence of environmental and spatial characteristics of forest on fire safety. This influence is in the internal forest structure, including completeness and density, trees species and size of the forest stand, forms, availability of gaps, breaks, connectedness of fragments and other geometrical and topological features. The way of the trees placing affect on the local fire risk parameters, and geometrical and topological features - on the forest edges formation with their specific fire dangerous properties.

Key words: forest fires, forest ecological conditions, microclimate, spatial forest structure.