

Ключевые слова: природопользование, экономическое право, трансграничное эколого-экономическое право, трансграничное сотрудничество, трансграничная экологизация экономики, экологическая экономика, устойчивое развитие.

Dubovych I.A. Theoretical and methodological grounds for cross-border economic and legal regulation of the natural resource management

Attention is paid to the relevance of studies on natural resources protection, restoration and use in the surrounding to the Ukraine border areas. The basic regulations governing the conditions in Ukraine cross-border cooperation in environmental protection and natural resources use, and also for access to environmental information have been presented. It is proposed to introduce such direction as "transboundary environmental and economic law" into ecological-economic cycle of scientific fields. A cross-border environmental and economic law is in the focus of the analyses as the research direction.

Keywords: natural resource management, economic law, transboundary environmental and economic law, transboundary cooperation, cross-border greening of economics, ecological economics, sustainable development.

УДК 630*431

Доц. А.Д. Кузик – Львівський ДУ БЖД

УМОВИ ТА СПОСОБИ ПЕРЕХОДУ НИЗОВОЇ ПОЖЕЖІ У ВЕРХОВУ

Проаналізовано умови та способи переходу низової пожежі у верхову. Описано основні способи та умови, які сприяють такому переходу: займання полум'ям, іскри, теплопередача, вертикальне горіння стовбурів та поширення вогню ярусами як всередині лісу, так і узліссям. Основними умовами є мала відстань від поверхні ґрунту до крон та гілок, горючі властивості наземного шару та мікрокліматичні умови, які впливають на перебіг низової пожежі, а також параметри деревостану

Ключові слова: лісова пожежа, низова пожежа, верхова пожежа, горючі властивості лісу, мікроклімат, структура деревостану.

Низова пожежа є менш небезпечною для лісового масиву, ніж верхова, та легше ліквідується. Верховна пожежа є більш нищівною, має значно більшу швидкість поширення, становить загрозу для об'єктів, розташованих у лісах або таких, що межують з лісовими масивами та потребує значних зусиль і засобів для боротьби з нею. Більшість лісових пожеж виникають як низові, окрім таких, причинами яких є блискавки, техногенні аварії та катастрофи (короткі замикання та обриви ліній електропередач, пожежі будівель та споруд, розташованих у лісах та поблизу них, вибухи боєприпасів на складах, аварії літальних апаратів та ін.). Проте за наявності певних сприятливих умов низова пожежа може перейти у верхову. У літературі, присвяченій лісовим пожежам, детально описано кожен з їх форм окремо, наведено їх основні характеристики, прогнозовано поведінку. Проте умовам та способам переходу від низової до верхової пожежі приділено недостатньо уваги.

Метою роботи є аналіз умов та способів переходу низової пожежі у верхову.

У роботі [1] І.С. Мелехов зазначає, що небезпека виникнення верхової пожежі залежить від того, яку частку в деревостані займають хвойні породи. На займання та горіння дерев хвойних порід впливає наявність ефірних олій та багаточисленність, яка сприяє вловлюванню іскор від вогню кронами та сповільненню просування вогню, час дії якого зростає, внаслідок чого пожежа перетворюється у суцільну. Рельєф місцевості, на думку І.С. Мелехова, впливає на виникнення верхової пожежі таким чином, що низова пожежа на сухих підвищен-

нях переходить у верхову на крони хвойних насаджень, розташованих у низовинах. І.С. Мелехов також зазначає, що в ялиниках, які характеризуються невисокою небезпекою виникнення пожежі, перехід до верхової є дуже легким через низько опущені гілки, а верхова пожежа – руйнівною. Для соснових лісів більш характерними є низові пожежі, які за наявності зімкнених угруповань підросту можуть переходити у верхові. Така ж небезпека є і в листяних лісах за наявності у нижніх ярусах дерев хвойних порід. А.В. Волокітіна [2] наголошує на тому, що перехід від низової пожежі до верхової, згідно з канадською системою, залежить від трьох чинників: висоти до крон, вологості хвої в кронах та інтенсивності полум'яного краю фронту низової пожежі. Причинами верхових пожеж у борах Л.В. Буряк та ін. [3] вважають посуху та низько опущені гілки. М.Г. Червоний [11] вважає, що низова пожежа найчастіше переходить у верхову у різновікових лісах з високорослим підростом, а також у гірських лісах на схилах. У молодняках пожежа завжди переходить у верхову. Переходу сприяє сильний вітер.

Кілька робіт присвячено моделюванню виникнення верхових пожеж від низових. У роботах А.М. Гришина та В.А. Пермінова [4, 5] описано такі математичні моделі. Проте вони є теоретичними та залежать від багатьох параметрів, розглядаючи окремі складники пожежі на рівні навіть таких частинок, як хвоїнка, а тому їх використання з практичною метою є складним. Огляд та оцінювання експериментальних та теоретичних моделей займання крон від низових пожеж здійснюють також М. Круз та ін. у [6]. На основі моделей зроблено висновок про те, що найосновнішими чинниками впливу на виникнення верхової пожежі є висота від поверхні до нижньої частини крон. Водночас такі властивості горючого матеріалу, як відношення площі поверхні до об'єму та вміст вологи у листках, менше впливають на займання крон. Не зважаючи на значну кількість параметрів та рівнянь, всі моделі розглядають ліс як деяке горюче неоднорідне середовище, не враховуючи структури та основних характеристик насаджень, а тому їх можна використовувати лише для спрощених досліджень.

У роботах як вітчизняних та зарубіжних авторів не наведено чіткої класифікації способів переходу низової пожежі у верхову, а також умов, які впливають на цей перехід.

На основі аналізу літературних джерел, опису пожеж, свідчень учасників ліквідації лісових пожеж та з урахуванням структури лісу можна виділити такі способи переходу низової пожежі у верхову: займання нижніх гілок крон від полум'я низової пожежі, самозаймання крон внаслідок процесів теплопередачі, зокрема її конвективної та радіаційної складових, займання крон іскрами, які переносяться висхідними конвективними потоками, поширення горіння стовбурами дерев, поширення горіння у вертикальному напрямі ярусами лісу (рис.).

Проаналізуємо способи переходу низової пожежі у верхову та чинники, які впливають на цей процес. Відповідно до [7], низові пожежі залежно від висоти полум'я та швидкості поступального руху фронтальної крайки, класифікують як слабкі (висота полум'я до 0,5 м і швидкість крайки до 0,5 м/хв), середньої сили (висота полум'я від 0,5 до 1,5 м швидкість крайки від 1 до 3 м/хв) та сильні (висота полум'я більша 1,5 м і швидкість більша 3 м/хв), причому у випадках, коли швидкість крайки не перевищує 0,5 м/хв, низові пожежі вважають стійкими, а понад 0,5 м/хв – рухливими.



Рис. Основні способи переходу низової пожежі у верхову

Висота полум'я низової пожежі залежить від ширини смуги поширення горіння та структури наземного ярусу. Ширина смуги горіння, своєю чергою, залежить від запасу та горючих властивостей матеріалу, який характеризується масою, яка припадає на одиницю площі та масовою швидкістю вигорання. На поведінку низової пожежі впливають мікрокліматичні чинники, зокрема відносна вологість та вітер, який збільшує швидкість фронту та масову швидкість вигорання. Зростання швидкості вигорання зменшує час горіння, проте збільшує його інтенсивність та висоту полум'я, яке, досягаючи нижніх гілок крон, запалює їх, спричиняючи виникнення верхової пожежі. Низько розташовані гілки є однією з умов переходу від низової пожежі до верхової, яка характеризується відстанню від поверхні до нижніх гілок та залежить від віку й зімкненості деревостану. Нижні гілки крон у процесі росту, змикання деревостанів та конкуренції між окремими деревами відмирають, спричиняючи очищення стовбурів. Тому з віком насадження знижується небезпека виникнення верхової пожежі. Лише поява на шляху низової пожежі сухої трави, куща або підросту може спричинити підвищення висоти полум'я та наближення його до крон. Тому ці чинники є ще однією умовою переходу низової пожежі у верхову внаслідок займання нижніх гілок крон від полум'я.

До умов, які сприяють переходу низової пожежі у верхову, варто віднести і рельєф. За умов зростання дерев на схилах їхні гілки, розташовані у напрямі зростання висоти рельєфу, перебувають на ближчій відстані до землі, ніж з інших боків. Вони можуть зайнятися швидше, що призведе до виникнення верхової пожежі. Крім того, низова пожежа вгору по поверхні схилу поширюється значно швидше, ніж в інших напрямках. При цьому висота полум'я та інтенсивність низової пожежі будуть вищими, ніж для рівнинного рельєфу, що також сприяє переходу низової пожежі у верхову.

Під час низової пожежі виділяється тепло, яке передається іншим лісовим об'єктам за допомогою конвекції. – Випромінювання та теплопровідності. Теплопровідність не відіграє великої ролі під час лісової пожежі, оскільки повітря є поганим провідником тепла, а ґрунт та рослини добре проводять тепло лише за умови високого вмісту вологи, яка швидко втрачається через висушування під час пожежі. Значна частка енергії передається випромінюванням. Внаслідок теплового випромінювання від полум'я та продуктів горіння нагрівається розташований поруч горючий матеріал. Випромінювання від полум'я характеризується тепловим потоком, який залежить від температури та форми полум'я. Розрахунок теплового потоку, який виникає внаслідок випромінювання від полум'я конічної форми та потрапляє на горизонтальну поверхню, описано за допомогою математичної моделі у [8], на вертикальну поверхню – у [9]. Дослідження випро-

мінювання від низової пожежі описується також іншою моделлю [10], у якій враховано також нахил полум'я вітром. Внаслідок випромінювання відбувається нагрівання матеріалу, яке інтенсифікує сушіння, після чого розпочинається піроліз та самозаймання. Проте тепловий радіаційний потік значно ослаблюється з відстанню та з відхиленням напряму його поширення від нормалі до поверхні падіння чи випромінювання. У зв'язку з цим його вплив є істотним при поширенні як низової, так і верхової пожежі, а при переході від однієї форми до іншої відіграє меншу роль. Важливішим у такому переході є конвективний складник теплопередачі. Конвективні висхідні потоки нагрітого від вогню та продуктів горіння повітря поширюються вертикально вгору (або під певним кутом за наявності вітру) із значною швидкістю, яка залежить від температури. При цьому переноситься значна частка теплоти. Тому конвекція відіграє більшу роль у підсушуванні та нагріванні крон до температури самозаймання. Окрім того, конвективні потоки переносять іскри, які, потрапляючи у крони, запалюють їх. Конвективний теплообмін сприяє поширенню вгору значної кількості нагрітого від низової пожежі повітря, на шляху якого крони дерев створюють аеродинамічний опір продуктам горіння і зумовлюють пошук ним шляхів з меншим опором. Такими шляхами є прогалини у кронах деревостанів та крони з невеликою густиною листя (хвої). У разі слабо зімкнених деревостанів висхідні потоки від пожежі мають змогу практично безперешкодно підніматися вгору в атмосферу над лісом, нагріваючи лише ту частину крон, яка знаходиться над вогнем або гілки на межі прогалини у наметі поблизу місця горіння. Тому тільки тривалий вогонь, висока температура горіння та наявність значної кількості іскор можуть призвести у такому насадженні до виникнення верхової пожежі. Інша ситуація виникає у деревостані з високим ступенем зімкненості. Під час низової пожежі практично вся конвективна складова теплопередачі проходить через крони. А незначна частина тепла поширюється під наметом високо зімкнених деревостанів у горизонтальному напрямі внаслідок процесів дифузії та під дією вітру, сприяючи зростання температури повітря та нагрівання дерев нижніх ярусів поблизу вогнища пожежі. Треба зауважити, що займання внаслідок кожного з видів теплопередачі відбувається неоднаково для різних порід дерев через відмінності їх горючих властивостей.

Поширення горіння стовбурами дерев здійснюється за умови тривалої дії тепла і вогню від низової пожежі та залежить від їх вологості, діаметра, наявності сучків, які легко займаються та сприяють вертикальному поширенню пожежі. Горіння стовбурів залежить від породи та віку дерев. У молодняках та жердняках гілки розташовані низько, а стовбури мають малий діаметр. Це сприяє швидкому переходу від низової пожежі до верхової. З віком кора стає товстішою, а стовбури очищаються від гілок, що погіршує умови переходу до верхової пожежі. За незначної тривалості та інтенсивності низової пожежі поблизу дерева вона не переходить у верхову, проте може спричинити обгоряння нижньої частини стовбура та кореневої шийки. Такі пошкодження надалі можуть призвести до загибелі дерева. Особливу небезпеку стовбурового горіння становлять сухі дерева, які мають суху та пошкоджену кору. Окрім того, вони можуть займати не вертикальне, а похиле положення. Вогонь легко поширюється такими стовбурами, спричиняючи верхову пожежу.

За умов значної тривалості та високої інтенсивності низової пожежі у багатоярусному лісі поширюється вогонь підліском та підростом з переходом на дерева верхніх ярусів. Горіння наземного ярусу спочатку спричиняє займання

дерев нижніх ярусів, які, своєю чергою, запалюють верхній ярус. Тому у багато-ярусному лісі вогонь поширюється як у горизонтальному напрямі у межах кожного ярусу, так і у вертикальному, переходячи від нижніх до верхніх ярусів. Враховуючи те, що зімкненість крон нижніх ярусів є меншою, ніж верхніх, у таких деревостанах більш ймовірним є перехід пожежі у верхні яруси, ніж її поширення вздовж кожного з нижніх ярусів. Зауважимо, що під час низової пожежі горіння дерев у нижніх ярусах може сповільнюватися через недостатню кількість кисню, що також впливає на перехід до верхової пожежі таким способом.

Поширення пожежі у вертикальному напрямі ярусами лісу залежить від порід дерев, які утворюють ці яруси. Хвойні дерева у нижніх ярусах займаються швидше та горять інтенсивніше, ніж листяні, спричиняючи займання крон верхніх ярусів та виникнення верхової пожежі.

Висока інтенсивність горіння під час низової пожежі, як уже зазначалося, може зумовлюватися наявністю значних кількостей сухого палива: вітровалу у сухому стані, сухого гілля, яким захарашена територія, опадів, потужної лісової підстилки, а також сухої трави та інших рослин наземного ярусу. Опалі та сухі рештки хвойних дерев становлять більшу небезпеку, ніж листяних.

Пожежонебезпечний стан наземного ярусу визначається також кількістю горючого матеріалу на одиницю площі та вологістю, які, своєю чергою, залежать від метеорологічних і кліматичних умов і мають річний та добовий цикли. Під час вегетаційного періоду, який триває у помірних широтах близько 200 днів, трав'яна рослинність та підлісок містять значну частину вологи. Вони важко займаються та горять лише внаслідок тривалої дії інтенсивного полум'я. Тому в цей період навіть після займання процес горіння відбувається з незначною інтенсивністю та може самостійно припинитися. Проте наприкінці літа та восени за відсутності опадів, а також весною після сходження снігу наземний ярус трав'яних рослин у сухому стані легко займається та інтенсивно горить. У цей період зростає небезпека виникнення і поширення низової пожежі та зростає ймовірність її переходу у верхову, оскільки вміст вологи у деревах зменшується.

Спричиняти перехід від низової пожежі до верхової можуть також багато-ярусні узлісся. Однією з причин виникнення лісових пожеж упродовж останніх років є сільськогосподарські пали, які стаються восени. Якщо вогонь від них поширюється у напрямку лісу, то на його шляху стає узлісся. У вегетаційний період узлісся є перешкодою поширенню вогню, оскільки складається з листяних порід дерев і кущів, а також має підлісок у своєму складі. Однак восени та під час тривалої посухи рослини на узліссі втрачають вологість та висихають, створюючи сприятливі умови не лише для проникнення пожежі у ліс, а і для її переходу до верхової. Це стосується не лише зовнішніх узлісь, а й внутрішніх, а також тих, які формуються вздовж протипожежних розривів, доріг, просік, річок тощо.

Висновки:

1. Перехід від низової до верхової пожежі відбувається займанням від полум'я, самозайманням внаслідок теплопередачі, внаслідок вертикального поширення горіння стовбурами, ярусами дерев, узліссям, а також займанням крон від іскор.
2. Для кожного зі способів можна виділити характерні умови, які сприяють переходу від низової до верхової пожежі. Найосновнішими серед них є параметри деревостану (породний склад, висота нижніх гілок крон, вік,

зімкнутість крон, наявність підліску та підросту, ярусність), горючі властивості наземного шару, рельєф, погодні та мікрокліматичні умови, зокрема, відносна вологість і вітер, а також доглянутість лісу. Більшість з умов змінюються з часом та з річним періодом.

Література

1. Мелехов И.С. Природа леса и лесные пожары / И.С. Мелехов. – ОГИЗ : Архангельское Изд-во "Наука", 1947. – 59 с.
2. Волокитина А.В. Защита населенных пунктов от чрезвычайных ситуаций, связанных с природными пожарами : практические рекомендации / А.В. Волокитина. – Красноярск, 2002. – 63 с.
3. Буряк Л.В. Пожары и их последствия в ленточных борах юга Сибири / Л.В. Буряк, О.П. Каленская, Е.И. Пономарев, А.И. Сухинин // Хвойные бореальной зоны, 2007, XXIV. – № 4-5. – С. 398-404.
4. Гришин А.М. О математическом моделировании природных пожаров и катастроф / А.М. Гришин // Вестник Томского государственного университета. – Сер.: Математика и механика. – 2008. – № 2(3). – С. 105-114.
5. Перминов В.А. Численное решение задачи о возникновении верхового лесного пожара в трехмерной постановке / В.А. Перминов // Вестник Томского государственного университета. – Сер.: Математика и механика. – 2009. – № 1(6). – С. 41-48.
6. Cruz M.G. Predicting the ignition of crown fuels above a spreading surface fire. Part II: model evaluation / M.G. Cruz, B.W. Butler, M.E. Alexander // International Journal of Wildland Fire. – 2006. – № 15. – P. 61-72.
7. Правила пожежної безпеки в лісах України. Наказ Держкомлісгоспу № 278 від 27.12.2004 р.
8. Кузык А.Д. Моделювання теплового випромінювання від деяких малопотужних джерел / А.Д. Кузык // Вісник УкрНДПБ : зб. наук. праць. – К. : Вид-во УкрНДПБ, 2008. – № 1(17). – С. 91-100.
9. Мичко А.А. Математичне моделювання теплового випромінювання для випробування захисного одягу пожежників-рятувальників / А.А. Мичко, А.Д. Кузык, А.С. Лин // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів : ЛДУ БЖД, 2009. – № 14. – С. 171-177.
10. Субботин А.Н. Математическая модель распространения низового лесного пожара по подстилке или слою опада хвои / А.Н. Субботин // Пожарная безопасность. – 2008. – № 1. – С. 109-116.
11. Свириденко В.Є. Лісова пірологія / В.Є. Свириденко, О.Г. Бабіч, А.Й. Швиденко. – К. : Агропромвидав України, 1999. – 172 с.

Кузык А.Д. Условия и способы перехода низового пожара в верховой

Проанализированы условия и способы перехода низового пожара в верховой. Описаны основные способы и условия, которые способствуют такому переходу: загорание пламенем, искры, теплопередача, вертикальное горение стволов и распространение огня ярусами как внутри леса, так и опушкой. Основными условиями является малое расстояние от поверхности почвы к кронам и ветвям, горючие свойства наземного слоя и микроклиматические условия, которые влияют на ход низового пожара, а также параметры древостоя.

Ключевые слова: лесной пожар, низовой пожар, верховой пожар, горючие свойства леса, микроклимат, структура древостоя.

Kuzuk A.D. Conditions and methods of transition from ground to crown fire

The paper analyzes the conditions and methods of transition from ground to crown fire. The basic methods and conditions which help a transition are: flame of fire, sparks, heat transfer, burning the trunks and vertical spread of fire inside layers of the forest and forest edges fire are described. The main conditions are: low distance from the ground to the crowns and branches, combustible surface layer properties and microclimatic conditions that affect the course of ground fire and stand parameters

Keywords: wildfire, ground fire, crown fire, forest combustibility, microclimate, stand structure.