

Hnativ P.S., Lopotychn N.Ya. Urbanization processes in Beskyd Mountains: historical, ecological and economic aspects

The historical landmarks of urbanization of mountain districts of Lviv Region are outlined. Connection of demographic processes and change of biogeocenotic cover is shown. Causes and effects of deep landscape transformation is described.

Keyword: urbanization, landscape, natural environment, biogeocenotic cover.

УДК 630*431 *Доц. А.Д. Кузик, канд. фіз.-мат. наук – Львівський ДУ БЖД*

МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЛІСІВ

Здійснено аналіз існуючих матеріальних та математичних моделей, які досліджують пожежну небезпеку лісів. Матеріальні моделі не можуть повністю охопити всі випадки, пов'язані з виникненням та поширенням пожеж. Основними властивостями більшості математичних моделей є макрорівень, застосування метеорологічних даних, інформації про рослинність та джерела займання. Сформульовано вимоги до моделі пожежної небезпеки лісів на рівні окремих дерев. Обґрунтовано необхідність врахування лісівничих заходів, які впливають на пожежну безпеку лісів.

Ключові слова: лісова пожежа, модель, лісівничі заходи.

Ліс – складна екологічна структура, яка характеризується значною кількістю елементів, наявністю взаємозв'язків між ними та зовнішнім впливом навколишнього середовища. Тому для дослідження окремих процесів та явищ, які відбуваються у лісі або пов'язані з ним використовують різноманітні моделі. Натепер розроблено значну кількість різноманітних моделей із застосуванням різнопланових підходів до їх створення. Проте не існує моделі, яка давала б можливість планувати лісівничі заходи з метою зниження небезпеки лісових пожеж.

Метою роботи є огляд існуючих моделей та обґрунтування структури лісівничої моделі пожежної небезпеки лісів.

Усі моделі поділяють на матеріальні та ідеальні. Матеріальною моделлю у лісівництві є пробна ділянка лісу, яку вибрано (створено) з метою різноманітних досліджень. Така модель може дати уявлення про інші ділянки лісу з такими ж параметрами, як і пробна. Тому на пробній ділянці можна проводити дослідження пожежної небезпеки, а результати досліджень за допомогою статистичних методів – поширювати на більші території лісу. З цією метою вивчають характеристики лісового горючого матеріалу та мікрокліматичні показники, які сприяють виникненню пожежі, а також процес її виникнення та поширення, здійснюючи відпал. Ван-Вагнер в [1] описав результати досліджень пожеж лісів у природних умовах та навів основні параметри пожеж. Але дослідження, пов'язані з вогневими випробуваннями, потребують значних затрат і становлять небезпеку. Тому часто процеси виникнення та поширення лісових пожеж з метою зменшення матеріальних збитків та уникнення загрози неконтрольованого поширення пожежі на суміжні ділянки вивчають на зменшених моделях. Деревя під час таких досліджень замінюють гілками, а наземний ярус формують з опадів [2]. Вогневі дослідження можна проводити не лише на відкритих ділянках, а й у лабораторних умовах [3, 4]. Такі моделі дають змогу визначити вплив різноманітних факторів (швидкість

вітру, вологість горючого матеріалу, температура та відносна вологість повітря та ін.) на швидкість поширення вогню. Недоліком зменшених моделей є труднощі, пов'язані з масштабуванням результатів. Такі моделі не можуть повноцінно досліджувати процеси переходу низової пожежі у верхову, виникнення вогняних смерчів та конвекційних колонок, які спостерігають в умовах реальних пожеж. Тому більшість дослідників змушені застосовувати теоретичні (ідеальні) моделі.

Серед теоретичних моделей найчастіше трапляються математичні та імітаційні моделі. Вони дають змогу описати процеси, які відбуваються у лісі, розглядати їх у розвитку та взаємозв'язку, моделювати процеси виникнення та поширення пожеж. Лісові моделі, відповідно до [5], бувають емпіричними, екологічними, процесуальними та гібридними. Емпіричні моделі базуються на статистичних закономірностях, отриманих на основі експериментальних даних. За їх допомогою описують ріст і врожайність лісів. Такі моделі широко застосовують у лісогосподарській практиці. Основним недоліком таких моделей є те, що вони можуть застосовуватися лише в певних умовах та за певних лісогосподарських заходів. У випадку змін у навколишньому середовищі та у веденні лісового господарства емпіричні моделі потребують коригування або заміни новими.

Екологічні моделі враховують взаємодію окремих елементів екосистеми. Їх використовують для довготермінового передбачення розвитку лісів та їх елементів: зростання, зміни просторової структури, відмирання тощо. В основі таких моделей є біофізичні параметри взаємодії та конкуренція між окремими складовими частинами. Такі моделі є зручними для відображення різноманітних впливів на лісову динаміку. В окремих випадках їх можна застосовувати і для оперативних прогнозів результатів різноманітних впливів.

Процесуальні моделі базуються на певному процесі (біогеохімічному, фізичному чи механістичному), пов'язаному з розвитком рослин ті їх функціями (диханням, фотосинтезом, нагромадженням поживних речовин, ростом). Такі моделі відтворюють впливи на розвиток рослин різноманітних зовнішніх факторів: зміни клімату, забруднення довкілля, зростання концентрації вуглекислого газу та ін. Процесуальним моделям, незважаючи на їх наближеність до реальних процесів, властиві недоліки, пов'язані з великою кількістю вхідних даних, необхідністю масштабування результатів, що призводить до помилок, оскільки дерево або деревостан не є механічною сумою компонентів, неможливістю врахування всіх факторів впливу, складністю перевірки та неможливістю використання лісотаксаційних даних.

Гібридні моделі побудовано на основі злиття емпіричних та процесуальних моделей. Вони сприяють кращому опису явищ та процесів у лісі. Проте і таким моделям властиві недоліки: недостатньо детальний опис динаміки, недостатня точність вихідних даних та прогнозів, неврахування ризиків природних явищ, неврахування якості лісової продукції, естетичної та рекреаційної цінності лісів.

Для розгляду та дослідження процесів у динаміці використовують комп'ютерні імітаційні моделі. Вони дають змогу спостерігати зміни у дере-

востані. Серед таких моделей найбільш відомою є JABOWA [6]. За її допомогою моделюється ріст окремих дерев на невеликих ділянках. Вхідними параметрами є розташування та вид дерев, висота н.р.м., опади, ґрунти. За допомогою моделі можна імітувати зміни клімату та погоди (температури повітря та опадів), досліджувати вплив лісівничих заходів. Модель допускає зміну порід та створення своїх власних, які не внесені в базу програми.

Відомою вітчизняною розробкою є модель лісу FORKOME [7]. На відміну від JABOWA, ця модель дає краще зображення дерев та більш гнучка у налаштуванні. Вона дає можливість спостерігати за розвитком наперед заданої ділянки лісу та визначати окремі її параметри. В основу такої програми покладено різноманітні емпіричні, фізичні залежності та принцип клітинних автоматів. Однак обидві програми не призначені для моделювання явищ і процесів, пов'язаних із пожежною безпекою лісів.

Моделі, які присвячені пожежній безпеці лісів, можна поділити на два типи: моделі поширення пожежі та моделі оцінки умов виникнення пожежі. Детальний огляд аналітичних моделей, присвячених поширенню лісових пожеж, здійснив Р. Вебер [8]. Основними елементами таких моделей є паливо (лісовий горючий матеріал), полум'я та процеси теплопередачі. Вебер поділяє такі моделі на статистичні, емпіричні та фізичні. Статистичними є моделі, які базуються на залежностях, отриманих виключно на основі досліджень тестових пожеж. За допомогою таких моделей визначають швидкість поширення пожеж. До статистичних моделей належать також моделі, які працюють на принципі клітинних автоматів та перколяції (просочування). Емпіричними є такі моделі, в основі яких покладено принцип нагромадження енергії, який не розрізняється серед моделей теплопровідності. До фізичних моделей відносять такі, які використовують процеси теплопровідності. За допомогою таких моделей здійснюються спроби прогнозування швидкості поширення пожежі на основі фізико-математичних засобів.

Огляд моделей поширення пожеж наведено також у [2, 9]. А. Гришин поділяє такі моделі на 4 групи: прогнозування швидкості поширення лісової пожежі, прогнозування контура пожежі, прогнозування перебігу і тепломасоперенесення в зоні й по фронті пожежі та загальні математичні моделі, які прогнозують все, що й кожна з попередніх. Він також вводить поняття трьох поколінь загальних математичних моделей [2]. Перше покоління моделей розглядало ліс як пористо-дисперсне середовище, а його основу – як недеформівне тверде тіло. Процеси конвективного та радіаційного теплообміну забезпечували підігрів, піроліз та поширення горіння сусідніми горючими матеріалами. Моделі другого покоління додатково розглядали процеси, які супроводжують лісові пожежі – задимленість, конденсацію вологи та виникнення штучних опадів. Третє покоління моделей враховувало процеси турбулентного тепломасопереносу, наслідком яких є коливання елементів рослин. Математичні моделі, описані вище, є складними для практичної реалізації через значну кількість різноманітних параметрів, які характеризують лісовий горючий матеріал, а тому, переважно, мають теоретичне значення.

Окрім теоретичних, розроблено низку комп'ютерних моделей поширення пожежі. В Україні А.А. Тарасенко, О.М. Дигало [10] розробили комп'ютерну модель поширення лісової пожежі, яка, на жаль, не набула значного поширення. У Росії розроблено програми "Тайга-2", "Лесопирологические учения", "Система планирования тушения лесных пожаров" [11]. Заслужує уваги програма "Тайга-2", яка дає змогу моделювати не лише процеси поширення пожеж, а і природну пожежну небезпеку та небезпеку за умовами погоди, планувати гасіння пожеж. Ці моделі враховують усереднені параметри лісу та можуть використовуватися для передбачення поведінки пожеж. Проте в більшості моделей не враховані процеси переходу від низової до верхової пожежі.

Серед зарубіжних моделей такого типу потрібно зазначити низку комп'ютерних програм, розроблених у США, які мають національне застосування: BehavePlus, FlamMap, Farsite [12]. Програма BehavePlus моделює розвиток пожежі, ефекти, які її супроводжують, та середовище, у якому поширюється пожежа. FlamMap – це програма, яка відображає розвиток пожежі на карті та здійснює її аналіз. Вона використовує двовимірні дані про горючий матеріал, погодні умови, розраховує час поширення пожежі та оцінює пожежний ризик. Програма Farsite симулює поведінку пожежі з урахуванням рельєфу на основі даних про ліс та погодні умови.

Під час моделювання пожежної безпеки важливим є не лише дослідження поширення лісової пожежі, а визначення передумов, які сприяють її виникненню. З цією метою визначають природну пожежну небезпеку та небезпеку за умовами погоди. Незважаючи на простоту визначення цих параметрів за офіційно прийнятими в Україні шкалами, такі моделі не набули значного поширення. Впродовж декількох років Центр прийому і оброблення спеціальної інформації та контролю навігаційного поля розробляє низку карт, які можна застосовувати під час дослідження пожежної небезпеки лісів та складати за даними дистанційного зондування Землі [13]: карти пожежної небезпеки за умовами погоди, нормалізованого диференційованого індексу вологи NDWI, нормалізованого вегетаційного індексу рослинності NDVI та теплових аномалій. Проте для практичного застосування лісгоспами потрібна докладніша інформація, яка враховує лісівничі особливості насаджень. Така інформація міститься у лісотаксаційних даних та може використовуватися у поєднанні з даними космічного моніторингу.

Дані лісової таксації формуються підрозділами Укрдержліспроєкту та містять інформацію про тип лісу, структуру деревостану та інші особливості лісу, зокрема його природну пожежну небезпеку. Але ця інформація також є загальною та може використовуватися лише за наявності карт зі вказуванням кварталів та виділів. Починаючи з 2007 р. в Україні триває розроблення геоінформаційної системи лісотаксаційних даних. Основними форматами, які застосовуються при цьому, є FieldMap, ArcGIS, SmallWorld. Найбільш перспективною натеper вважають ГІС на базі FieldMap [14]. Проте єдиної загальнодержавної системи поки що не створено. Немає також інформації про використання цієї системи з метою визначення пожежної небезпеки лісів.

Не виявлено інформації про вітчизняні програми, які здійснюють оцінювання як природної пожежної безпеки, так і безпеки за умовами погоди. Водночас, у Росії розроблено "Систему оцінювання природної пожежної безпеки лісів", "Систему оцінювання поточної пожежної безпеки" та комплекс програм для оцінювання пожежної безпеки і параметрів пожеж за космічними знімками [11]. У США використовують програми FireFamilyPlus та WFAS (Wildland Fires Assessment System) [12]. Ці програми дають можливість встановити безпеку виникнення пожежі на основі аналізу природних умов, погоди та антропогенного ризику. Зручною у користуванні є новозеландська програма [15], яка визначає Канадський індекс пожежної безпеки за умовами погоди FWI та надає можливість відобразити результати на карті. Проте ця програма визначає пожежну безпеку лише для місця метеорологічних спостережень і не враховує особливостей лісу.

Досить цікавою є Динамічна глобальна вегетаційна модель, розроблена в Німеччині (Lund – Potsdam – Jena Dynamic Global Vegetation Model (LPJ-DGVM)), у якій пожежний модуль Glob-FIRM здійснює моделювання тривалості пожежонебезпечного сезону на основі ймовірності виникнення пожежі протягом кожного дня, а також визначає площу, пройдену пожежами, як функцію тривалості пожежонебезпечного сезону [16]. Модель перевірено на основі даних про клімат для ділянок поверхні Землі розміром $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ (широта і довгота). Наступним етапом розвитку моделі LPJ-DGVM стало створення іншого пожежного модуля Reg-FIRM [17], за допомогою якого визначають показник пожежної безпеки на основі модифікованого комплексного показника В.Г. Нестерова, враховують людський фактор та моделюють поширення вогню. Обидва модулі використовують дані про рослинність з Динамічної глобальної вегетаційної моделі. Недоліком моделі є те, що вона розглядає пожежну безпеку на макрорівні (10-100 км).

Описані вітчизняні та зарубіжні моделі дають лише загальне уявлення про процеси, пов'язані з пожежною безпекою лісів, не враховують їх типу та структури, не дають можливості враховувати вплив лісівничих заходів на пожежну безпеку. Сформулюємо основні завдання моделі, яка враховувала б не лише пожежну безпеку, а зміну її стану під впливом різноманітних заходів. Першим завданням є опис лісового масиву, який містить дані про тип лісу, тип деревостану, вік, повноту, доглянутість, горизонтальну та вертикальну структури (розташування дерев, кущів та інших компонентів, ярусність тощо). Другим завданням є визначення природної пожежної безпеки на основі даних про ліс. Третім – моделювання впливу кліматичних, погодних та антропогенних факторів на пожежну безпеку. І четвертим завданням є моделювання впливу лісівничих заходів на пожежну безпеку з урахуванням попередніх завдань.

Опис лісового масиву для моделі повинен містити інформацію, яка наведена у лісотаксаційних даних. Але такі дані дають лише загальне уявлення про деревостан та деякі усереднені його показники. Тому важливим є поєднання даних лісової таксації з результатами аерофотозйомок та дистанційного зондування поверхні Землі. Це дає змогу оцінити реальне розташу-

вання дерев у масиві, його топологічну структуру та інші властивості, які впливають на пожежну небезпеку.

Природну пожежну небезпеку лісу визначають на основі аналізу лісового масиву з урахуванням типів умов місцезростання за відомою шкалою. Зазвичай, така шкала враховує вік та породний склад дерев. Але вона не враховує повноти, густоти, зімкненості крон та взаємного розташування окремих дерев. Тому з урахуванням параметрів деревостану визначення природної пожежної небезпеки буде точнішим.

Природні та антропогенні фактори впливають на пожежну безпеку лісу. До таких впливів належать метеорологічні чинники. На пожежну небезпеку масиву впливає температура та відносна вологість повітря, швидкість вітру, сонячна радіація, яка залежить від пори року, рельєфу місцевості та хмарності. Кліматичні зміни також впливають на пожежну небезпеку. Тенденції до зміни клімату, пов'язаної з глобальним потеплінням, впливають на погодні умови, змінюючи склад та горючі властивості лісових матеріалів, а у майбутньому – на зміну кліматопу. Зрозуміло, що природні фактори залежать від характеристик лісового масиву, одночасно впливаючи на ліс.

Антропогенні фактори складно моделювати через їх випадковий характер, складність та іноді й неможливість прогнозування. Всі впливи людини на пожежну безпеку лісів можна поділити на техногенні, лісівничі та рекреаційні. Техногенні впливи спричиняють об'єкти виробництва та транспортної інфраструктури всередині або поблизу лісових масивів. До них відносять різноманітні пожежі та аварії об'єктів, транспортних засобів, ліній електропередач, нафто- та газопроводів, інші порушення технологічних процесів, які призводять до появи джерел займання, сільськогосподарські відпали тощо.

Лісівничі фактори можна розділити на цілеспрямовані та опосередковані. Перші спрямовані на покращення стану пожежної безпеки лісів та пов'язані зі здійсненням різноманітних протипожежних заходів. До них відносять створення та утримання в належному стані протипожежних розривів, пожежних водоймищ, патрулювання, спостереження, забезпечення дотримання пожежного режиму, дотримання вимог нормативних документів тощо. Такі заходи регламентовані різноманітними законодавчими та нормативними актами, зокрема: Правилами пожежної безпеки в лісах України [18], Положенням про лісові пожежні станції [19] та ін.

Проте інші лісівничі заходи також впливають на пожежну безпеку лісів. Цей вплив є важливим, проте опосередкованим і тому в більшості випадків не враховують під час планування протипожежних заходів. Для моделювання впливу опосередкованих лісівничих заходів на пожежну небезпеку значимо основні з них та їх наслідки. До основних лісівничих заходів відносять різноманітні рубки, прочистки, відпали, а також посадку дерев, зміни порід, гідрологічні заходи та інші. Рубки призводять до зменшення повноти деревостану, а це сприяє збільшенню сонячної експозиції як дерев, так і поверхні ґрунту, дає можливість опадам потрапляти на поверхню ґрунту практично без затримки. Формуються сприятливі умови для зростання підросту, а також кущів та трав'яних рослин. Збільшення різноманітності та рясності

трав'яних рослин у вегетаційний період приводить до зменшення пожежної небезпеки у таких лісах. Проте наприкінці літа та восени, коли відбувається висихання трав, небезпека виникнення пожеж зростає. Пожежна небезпека залишається високою і пізньої сухої осені, взимку за відсутності снігового покриву та весною після сходження снігу та висихання аж до початку вегетаційного періоду за відсутності опадів. Зменшення повноти сприяє нагромадженню вологи під час тривалих опадів, що веде до зменшення небезпеки виникнення пожежі.

Нагромадження вологи відбувається і взимку та на початку весни після танення снігового покриву. Проте сумарне нагромадження вологи залежить і від гідрологічних властивостей ґрунтів. Також важливим є те, що із збільшенням частки відкритих ділянок та прогалин між деревами зменшується аеродинамічний опір деревостану, що спричиняє збільшення швидкості переміщення повітряних потоків всередині лісу та сприяє процесу конвективного висушування горючих матеріалів на поверхні ґрунту. За наявності опадів виникнення пожеж у місцях рубок є менш ймовірним, ніж у лісах, проте за умов сухої погоди вкінці літа, восени та навесні пожежа може легко виникнути та поширюватися. Місця рубок не завжди належним чином прибирають, на них часто залишаються рештки гілок, кора та інші відходи, які повільно розкладаються за умов посухи та в сухому стані є горючими матеріалами. Прочистки значно не впливають на повноту деревостану та трав'яне покриття. Вони зменшують захаращеність лісу, нормалізують ріст. Позитивний вплив прочисток на пожежну небезпеку полягає у зменшенні кількості сухого лісового горючого матеріалу та в усуненні шляхів поширення вогню як у горизонтальному, та і у вертикальному напрямках. Відпали призводять до зменшення різноманіття та різності рослин. Вони сприяють сукцесіям. На згарищах протягом певного часу відбувається природне або штучне відновлення лісу. Проте, незважаючи на майже повне знищення лісової підстилки, пожежна небезпека згарищ у сухий період є досить високою, порівняно з лісом, який не зазнав впливу пожежі. Це пов'язано з наявністю сухих обвуглених фрагментів дерев, які не повністю згоріли, їх швидким висиханням, пов'язаним із збільшенням поглинання сонячної радіації внаслідок підвищення ступеня чорноти поверхні, зумовленого покриттям сажею та попелом.

Трав'яні рослини після пожежі, зазвичай, є ксерофітні та характеризуються незначним проективним покриттям та різноманітністю. Посадка дерев на початковій стадії незначно впливає на пожежну безпеку. Саджанці зростають поряд із трав'яними рослинами та займають незначну частину поверхні. Тому небезпека виникнення та поширення вогню є практично такою ж, як на незалісненій ділянці (луки, степ) і залежить від вегетаційного періоду та опадів. Лісова підстилка формується з часом та залежить від віку та породи дерев. Вона має незначну потужність. Проте найбільша небезпека поширення пожеж у молодих хвойних насадженнях через низьке розташування гілок. Зміни порід проводять різноманітними методами. Їм передують рубки, вплив яких на пожежну безпеку лісів описано раніше. При цьому важливим є спосіб зміни порід. Більшу небезпеку становлять хвойні породи, тому їх частка ко-

релюється зі ступенем небезпеки ділянки мішаного лісу. Під час змішування вік дерев буде різним, що також впливає на пожежну безпеку.

Висновки. Матеріальні моделі не дають змоги повністю дослідити процеси, пов'язані з виникненням та поширенням лісових пожеж, тому актуальними є математичні моделі. Існуючі математичні моделі пожежної безпеки лісів будують на основі різноманітних підходів та розглядають лісові пожежі на макрорівні на основі усереднених показників. Для більш адекватного моделювання пожежної небезпеки лісів необхідно створювати моделі на детальнішому рівні, з урахуванням лісотаксаційних даних, результатів дистанційного зондування Землі, метеорологічних даних, інформації про джерела можливого займання, поєднуючи їх із моделюванням лісівничих заходів.

Література

1. Van Wagner C.E. Condition for the start and spread of crown fire / C.E. Van Wagner // Canadian J. For. Res. – 1977. – Vol. 7. – Pp. 23-34.
2. Гришин А.М. Общие математические модели природных пожаров / А.М. Гришин // XII Симпозиум по горению и взрыву. – Черноголовка, 7-11 февраля 2005 г. – С. 1-25.
3. Tachajapong W. An investigation of crown fuel bulk density effects on the dynamics of crown fire initiation in Shrublands / W. Tachajapong, J. Lozano, S. Mahalingam, X. Zhou, D.R. Weise // Combust. Sci. and Tech. – 2008. – Vol. 180. – Pp. 593-615.
4. Zhou X. Modeling of marginal burning state of fire spread in live chaparral shrub fuel bed / Xiangyang Zhou, Shankar Mahalingam, David Weise // Combustion and Flame. – 2005. – Vol. 143. – Pp. 183-198.
5. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.forestmodels.com>.
6. JABOWA III. Forest model software. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.naturestudy.org/services/jabowa.htm>.
7. Козак І. Екологічна лісова комп'ютерна модель FORKOME / І. Козак, В. Парпан. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ, 2006. – 207 с.
8. Weber R.O. Modelling fire spread through fuel beds / R.O. Weber // Prog. Energy Combust. Sci. – 1991. – Vol. 17. – Pp. 67-82.
9. 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.
10. Дигало О.М. Ідентифікація моделей швидкості розповсюдження фронту лісової пожежі та їх практичні застосування / О.М. Дигало : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук. – Харків : Вид-во АПБУ, 2003. – 22 с.
11. 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.
12. Fire behavior and fire danger software / FireModels.org // Missoula Fire Sciences Laboratory. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.firemodels.org>.
13. Прогностична карта рівня пожежонебезпечності території України // Центр прийому і оброблення спеціальної інформації та контролю навігаційного поля. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.dzz.gov.ua/CPOSI/index.php>.
14. Международный семинар проекта "ТехИнЛес", г. Боярка, 4-5 ноября 2010 г. // ВО "Укрдержліспроект". [Электронный ресурс]. – Доступный з <http://www.lisproekt.gov.ua/modules.php?name=News&file=article&sid=66>.
15. Software – FWI Calc. Fire Weather Analysis. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.wilddata.org.nz/fwicalc/index.php?page=9>.
16. Thonicke K. The role of fire disturbance for global vegetation dynamics: coupling fire into a Dynamic Global Vegetation Model / K. Thonicke, S. Venevsky, S. Sitch, W. Cramer // Global Ecology & Biogeography. – 2001. – Vol. 10. – Pp. 661-677.
17. Venevsky S. Simulating fire regimes in human-dominated ecosystems: Iberian Peninsula case study / S. Venevsky, K. Thonicke, S. Sitch, W. Cramer // Global Change Biology. – 2002. – Vol. 8. – Pp. 984-998.

18. Про затвердження Правил пожежної безпеки в лісах України / Держком. лісового господарства України: 27.12.2004 р., № 278. – Офіц. видання. – К. : Офіційний вісник України, 2005. – № 13. – С. 321.

19. Про затвердження Положення про лісові пожежні станції / Держком. лісового господарства України: 28.12.2005 р., № 526. – Офіц. видання. – К. : Офіційний вісник України, 2006. – № 4. – С. 82.

Кузык А.Д. Моделирование пожарной опасности лесов

Проведен анализ существующих материальных и математических моделей, исследующих пожарную опасность лесов. Материальные модели не могут полностью охватить все случаи, связанные с возникновением и распространением пожаров. Основными свойствами большинства математических моделей является макроуровень, применение метеорологических данных, информации о растительности и источники возгорания. Сформулированы требования к модели пожарной опасности лесов на уровне отдельных деревьев. Обоснована необходимость учета лесных мероприятий, влияющих на пожарную безопасность лесов.

Ключевые слова: лесной пожар, модель, лесоводческие мероприятия.

Kuzuk A.D. Simulation of forest fire danger

The paper analyzes existing physical and mathematical models that explore the forest fire danger. Material models can not fully cover all the cases related to the emergence and spread of fires. The main characteristics of most mathematical models are macrolevel, the use of meteorological data, information on vegetation and ignition sources. The requirements for forest fire risk model on tree level are formulated. The necessity of incorporation of silvicultural treatments that affect the fire safety of forest is substantiated

Keywords: wildfire, model, forestry treatments.

УДК 712.41

Инж. В.С. Кучерявий – НЛТУ України, м. Львів

АУТЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ІНТРОДУКЦІЇ ТУЇ ЗАХІДНОЇ (TUJA OCCIDENTALIS L.) У РІЗНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗОНАХ

Туя західна, природний ареал якої є східне приатлантичне побережжя Північної Америки, значно поширена в Західних регіонах України, які знаходяться під впливом вологих мас Атлантичного океану. Водночас у Степовій зоні України туя західну заміщає біота, яка добре витримує сухий клімат.

Ключові слова: туя західна, туя східна (біота), клімат, ізотерма, інтродукція.

Вступ. Порівняльний аналіз використання туї в озелененні різних кліматичних зон свідчить, що цей вид поширений у місцях, які є подібними за кліматичними характеристиками до природного ареалу виду – Приатлантичної зони Північної Америки.

Об'єкт та методика досліджень. Об'єктом досліджень були насадження туї західної, які за кліматичними характеристиками є близькими до природного ареалу (м. Львів та м. Сколе і с. Розлуч, що знаходяться в Бескидах, м. Люблін та м. Замосьць – у Польщі, курорт Семерінг – в австрійських Альпах), а також у зонах із сухим степовим кліматом (м. Полтава, м. Відень, с. Парндорф – Австрія). Для виявлення насаджень з туї західної використовували маршрутний метод. Частоту трапляння дерев приймали за Б.К. Терменою (1982). Біометричні показники розвитку рослин одержували з використанням таксаційних методів. Ізотерми температур повітря та кількись опадів взято з літературних джерел [1-4].