

6. Przyczyny spadku populacji zająca szaraka w Polsce. – Lublin, 2000. [Electronic resource]. – Mode of access [http://www.mos.gov.pl/g2/big/2009\\_04/7486301c75e776017de989221eb11496.pdf](http://www.mos.gov.pl/g2/big/2009_04/7486301c75e776017de989221eb11496.pdf). – Ekran tytuł.

7. Smith R.K. A quantitative analysis of the abundance and demography of European hares *Lepus europaeus* in relation to habitat type, intensity of agriculture and climate / R.K. Smith, N.J. Vaughan, S. Harris // *Mammal Rev.* – 2005. a. – Vol. 35(1). – Pp. 1-24.

8. Волох А.М. Агрорландшафти України як мисливські угіддя / А.М. Волох // *Матеріали III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю* : зб. наук. стат. – Вінниця. – 2011. – Т. 1. – С. 301-305. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://eco.com.ua>

9. Настанова з упорядкування мисливських угідь. – К. : Вид-во Держкомлісу України, 2002. – 113 с.

Надійшла до редакції 05.09.2016 р.

### Новицкий В.П. Заяц-русак (*Lepus europaeus* Pall.): экологические аспекты существования вида в современной Лесостепи Украины

Исследованы экологические аспекты существования ценопопуляций зайца-русака в современной Лесостепи Украины. Выявлены устойчивые коррелятивные связи между текущими факторами окружающей среды и количеством животных в угодьях. Установлено, что посевы кукурузы на зерно, подсолнечника и сои, внесение минеральных удобрений и пестицидов, в приведенных диапазонах, были наиболее выраженными лимитирующими численность вида факторами, общими для всех природно-сельскохозяйственных провинций лесостепной зоны. Примечательно, что из пяти перечисленных ограничивающих факторов все относятся к группе антропогенные, подгруппы – сельскохозяйственные.

**Ключевые слова:** заяц-русак, экологические факторы, корреляционные связи, Украинская Лесостепь.

### Novytskyi V.P. European Brown Hare (*Lepus Europaeus* Pall.): Ecological Aspects Life in the Modern Forest-steppe of Ukraine

Some environmental aspects of the existence of populations of European hare in a modern forest-steppe of Ukraine are investigated. A consistent correlative relationship between individual environmental factors and number of animals in the land is revealed. The crops of corn, sunflower and soybean, mineral fertilizers and pesticides, in the given ranges, limiting the number of form factors that are common to all agricultural provinces of the forest-steppe zone. It is noteworthy that of the five listed limiting factors all belong to the group of anthropogenic subgroups – agricultural.

**Key words:** European brown hare, environmental factors, correlation, Ukrainian forest-steppe.

УДК 614.841.2

## ОЦІНЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ СОСНОВИХ МОЛОДНЯКІВ ВІД ВІКУ

В.І. Товаряньський<sup>1</sup>, А.Д. Кузик<sup>2</sup>

Проведено дослідження пожежної небезпеки соснових молодняків залежно від віку із застосуванням комп'ютерного моделювання лісової пожежі у фізичній моделі Wildland-Urban Fire Dynamics Simulator (WFDS). Оцінено пожежну небезпеку в повних соснових деревостанах віком 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 і 40 років за швидкістю поширення фронту пожежі з урахуванням моделей росту та розраховуючи висоту нижніх гілок від поверхні ґрунту. Наземним ярусом горючого матеріалу в насадженнях віком 5 років розглянуто суху траву, а у старшому віці – хвойну підстилку. Отримано значення

<sup>1</sup> ад'юнкт В.І. Товаряньський – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності;

<sup>2</sup> проф. А.Д. Кузик, д-р с.-г. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

швидкостей поширення низової пожежі та верхової за умови переходу в таку форму. Встановлено, що перехід низової пожежі у верхову форму відбувається в насадженнях віком до 20 років, що спричиняє збільшення швидкості поширення пожежі та свідчить про зростання пожежної небезпеки.

**Ключові слова:** сосна звичайна, соснові молодняки, лісова пожежа, моделювання.

**Вступ.** Пожежі є надзвичайно небезпечним і згубним явищем для лісової екосистеми. Найбільш пожежонебезпечними є соснові насадження. А соснові молодняки віком до 40 років відносять до I класу природної пожежної небезпеки [1]. У таких насадженнях пожежі майже завжди переходять у верхові, завдаючи значних ушкоджень, а ліквідація таких пожеж є складною. Найчастіше причиною виникнення пожеж у соснових насадженнях є займання опаду хвої, який упродовж пожежонебезпечного сезону має низьку вологість. Істотне значення для лісової пожежі має трав'яний покрив, який наявний на ділянках до завершення змикання крон, яке завершується у віці 10 років [2]. Трав'яні рослини у вегетаційний період мають високий вміст вологи, що зменшує пожежну небезпеку. Проте з настанням осені та ранньою весною після сходження снігу і висушування поверхні ґрунту вологість трав зменшується, що сприяє виникненню і поширенню низових пожеж. З віком змінюються параметри лісових насаджень: густина, повнота, середній діаметр, середня висота та ін. [3], що неминує впливає на їх пожежну небезпеку.

Пожежну небезпеку лісових насаджень характеризують різноманітні показники, одним з яких є лінійна швидкість поширення фронту пожежі [4]. Експериментальні дослідження щодо її визначення із застосуванням підпалів становлять значну небезпеку та проводять вкрай рідко, а під час реальних пожеж основним завданням є їх ліквідація і не завжди можна отримати достатню інформацію про процеси поширення пожежі. Але оцінити пожежну небезпеку потрібно до її виникнення. Тому актуальним методом досліджень лісових пожеж є комп'ютерне моделювання. Моделювання розповсюдження пожежі у лісі є складним, оскільки на процеси горіння впливають багато чинників, які потрібно врахувати у параметрах моделі. На теперішній час розроблено значну кількість різноманітних моделей поширення лісових пожеж (огляд у [5]). Але найбільшої уваги заслуговують фізичні моделі, в основу яких покладено рівняння математичної фізики процесів тепломасообміну в умовах пожежі. До таких моделей належить програмне забезпечення Wildland-Urban Fire Dynamics Simulator (WFDS) [6, 7], яке застосовують для досліджень лісових пожеж.

**Метою роботи** є оцінювання залежності пожежної небезпеки соснових молодняків від віку за результатами комп'ютерного моделювання лісової пожежі.

**Прилади й методи.** Для моделювання пожежі соснових насаджень використано програмне забезпечення WFDS. Дослідження пожежної небезпеки проведено для повних соснових деревостанів відповідно до таблиць ходу росту [3]. Розрахунок висоти нижніх гілок здійснено за методикою [8]. Швидкість поширення пожежі визначено за результатами моделювання на дослідній ділянці з урахуванням досягнення температури займання лісового горючого матеріалу [9].

**Виклад основного матеріалу.** Сосновими молодняками є насадження віком до 40 років. Для кожного віку деревостан характеризується середньою висотою дерев, середнім діаметром стовбурів, густиною та абсолютною повно-

тою. Основні лісотаксаційні характеристики повних соснових деревостанів наведено в табл. 1 [3].

**Табл. 1. Основні лісотаксаційні характеристики повних соснових деревостанів [3]**

Вік, роки	Середня висота, м	Середній діаметр на висоті 1,3 м, м	Густота, од./га	Абсолютна повнота, м <sup>2</sup> /га
5	1,0	-	9400	3,57
10	4,0	0,06	8473	14,7
15	6,8	0,09	7140	26,7
20	9,5	0,12	4497	29,2
25	12,1	0,15	3640	36,5
30	14,5	0,17	2753	39,4
35	16,7	0,17	2182	41,7
40	18,7	0,19	1772	43,6

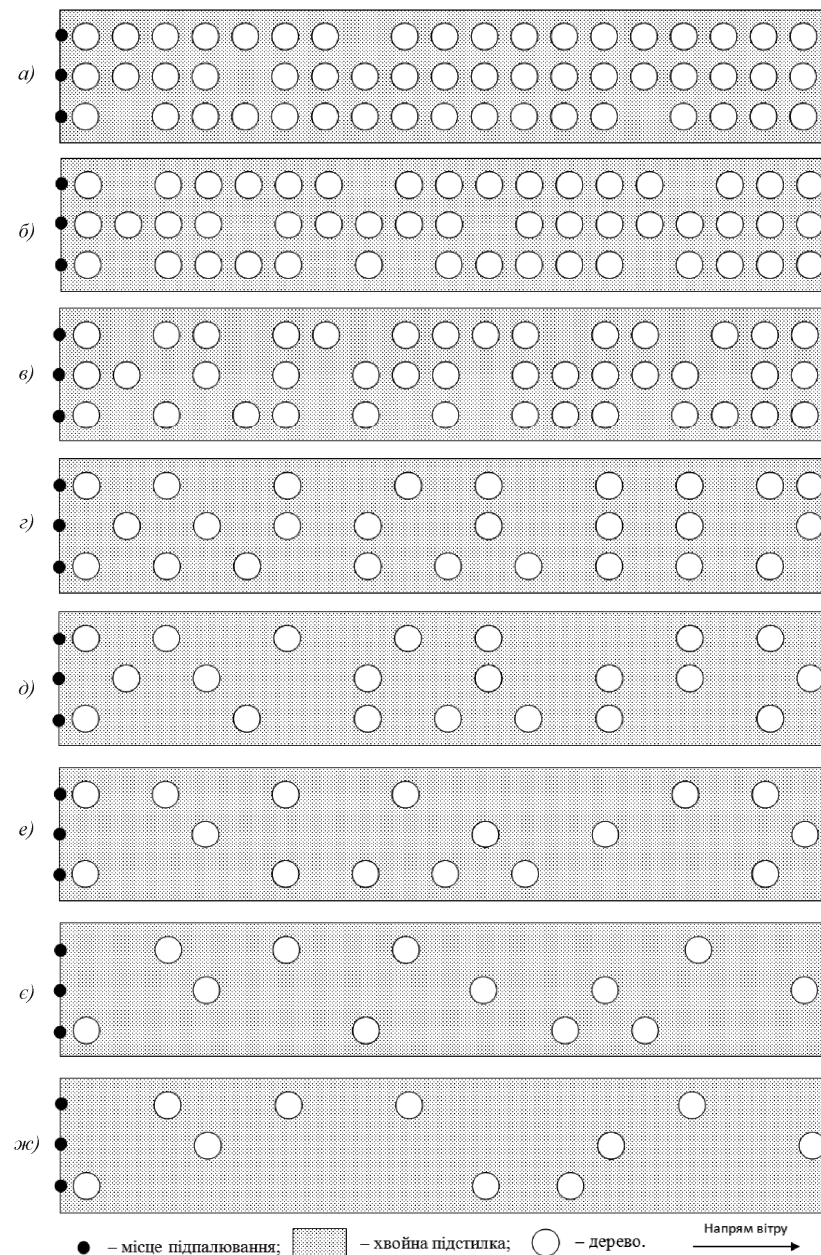
Оскільки моделювання в WFDS потребує значних затрат часу за недостатніх ресурсів комп'ютера, тому дослідження проводили для ділянки розміром 6 × 10 м, на якій насаджено 57 саджанців сосни звичайної у 3 ряди по 19 дерев у кожному. Відстань між деревами у рядах становить 0,5 м, а між рядами – 1,5 м.

Моделювання пожежі на цій ділянці проводили для деревостанів віком від 5 до 40 років з періодом 5 років. У процесі росту, поряд зі збільшенням висоти, відбувається зменшення кількості дерев внаслідок самозрідження, для імітації якого використовували генератор випадкових чисел. Оскільки змикання крон між рядами завершується у віці 10 років, спричиняючи майже повне зникнення трав'яного покриття [2], для ділянок віком 5 років наземним горючим матеріалом вибирали трав'яне покриття, а починаючи з 10 років – хвойну підстилку. Схеми розташування дерев відповідного віку на дослідній ділянці зображено на рис. 1.

Для проведення моделювання в WFDS потрібно задати фізичні властивості горючих матеріалів на ділянці, зокрема, координати і геометричні розміри, вологість, щільність, насипну щільність, відношення площі поверхні до об'єму, а також початкову температуру. У процесі росту внаслідок змикання крон відбувається самоочищення нижніх гілок деревостану, призводячи до зростання висоти нижніх гілок від поверхні ґрунту. Розрахунки проводили за такими показниками, як густота, повнота насаджень, діаметри крон, стовбурів, вік і висота деревостану. Геометричні розміри, форми крон та кількість дерев на дослідній ділянці, використані для моделювання в WFDS, наведено в табл. 2.

**Табл. 2. Геометричні розміри, форми крон та кількість дерева на дослідній ділянці**

Вік, роки	Висота, м	Форма крони	Діаметр стовбура на рівні ґрунту, м	Діаметр крони, м	Висота нижніх гілок, м	Кількість дерев, од.
5	1,0	конус	0,03	0,02	0,0	53
10	4,0	конус	0,07	0,06	0,8	48
15	6,8	конус	0,11	0,09	2,8	41
20	9,5	зрізаний конус	0,14	0,12	4,7	26
25	12,1	зрізаний конус	0,17	0,15	6,9	21
30	14,5	зрізаний конус	0,19	0,17	8,9	16
35	16,7	зрізаний конус	0,19	0,17	10,7	12
40	18,7	зрізаний конус	0,20	0,19	12,4	10



**Рис 1. Схеми дослідної ділянки соснового деревостану відповідного віку: а) вік 5 років (53 дерева); б) вік 10 років (48 дерев); в) вік 15 років (41 дерево); г) вік 20 років (26 дерев); д) вік 25 років (21 дерево); е) вік 30 років (16 дерев); є) вік 35 років (12 дерев); ж) вік 40 років (10 дерев)**

Форму крон дерев 5-15-річного віку вважали конічною, а з 20-річного віку – зрізаного конуса. Стовбур вважали конусом з висотою, що дорівнює висоті дерева, та діаметром на рівні ґрунту. Підпал здійснювали в трьох місцях (див. рис. 1). Для визначення температури полум'я під час моделювання пожежі у середовищі WFDS застосовували термопари, розміщуючи їх у рядах посередині між деревами на висотах 0; 0,25; 0,5; 0,75 та 1 м від поверхні ґрунту. Максимальний час симуляції встановлювали 300 с. Інші властивості горючих матеріалів, використані для моделювання, вибирали відповідно до [6] та за результатами власних досліджень (табл. 3).

Табл. 3. Пожежеонебезпечні властивості горючих матеріалів на дослідній ділянці

Назва горючого матеріалу	Початкова температура, °С	Відношення площі поверхні до об'єму, м <sup>-1</sup>	Вологість, %	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Насипна щільність, кг/м <sup>3</sup>
Лісова підстилка	33	4550	6	607	20
Крони дерев	33	4000	100	520	0,6
Стовбур	33	3	100	520	520

Істотне значення для процесу поширення пожежі має швидкість вітру. Результати попереднього моделювання пожежі соснових насаджень за швидкості вітру до 1 м/с показали, що поширення полум'я підстилкою відбувається дуже повільно, тому основні дослідження проводили для швидкості вітру 2 м/с. Під час моделювання пожежі соснових молодняків визначали момент переходу низової пожежі у верхову та швидкість поширення низової та верхової пожежі. Швидкість поширення визначали за значенням температур відповідних термопар. Візуалізацію перебігу процесу моделювання пожежі спостерігали у програмі Smokeview (рис. 2).

За результатами моделювання отримано значення середньої швидкості поширення пожежі (табл. 4).

Табл. 4. Середня швидкість поширення пожежі на пробній ділянці

Вік, роки	Швидкість поширення пожежі, м/с	
	низова	верхова
5	0,31	0,39
10	0,35	0,40
15	0,56	0,53
20	0,35	0,53
25	0,11	–
30	0,14	–
35	0,13	–
40	0,11	–

Як видно з табл. 4, перехід з низової у верхову пожежу відбувається в насадженнях віком від 5 до 20 років, що пояснюємо низькою висотою нижніх гілок та високою інтенсивністю низової пожежі. За наявності обох форм пожежі (суцільна пожежа), швидкість низової пожежі є значно вищою, ніж у разі тільки низової пожежі, та наближається до швидкості верхової пожежі. Найбільшою є швидкість низової пожежі у насадженнях віком 15 років, а верхової – 15-20 років.

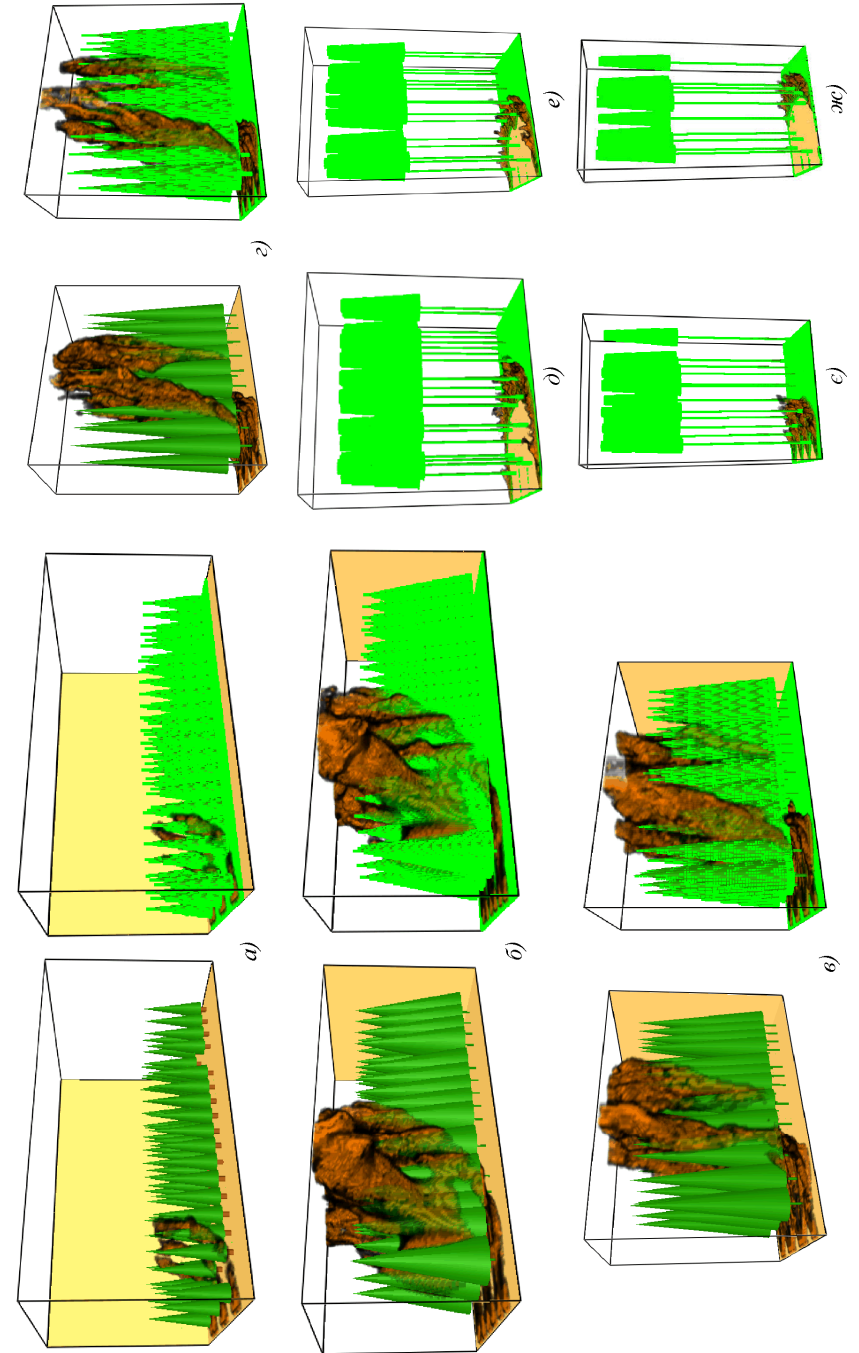


Рис. 2. Візуалізація процесу моделювання пожежі соснових насаджень на дослідній ділянці у віці: а – 5 років; б – 10 років; в – 15 років; г – 20 років; д – 25 років; е – 30 років; ж – 35 років; з – 40 років; и – 45 років; я – 50 років.

Зауважимо, що для насаджень віком 5 років швидкість поширення пожежі визначали за сухого стану трави у наземному ярусі. Загальну швидкість поширення пожежі в соснових молодняках наведено на рис. 3.

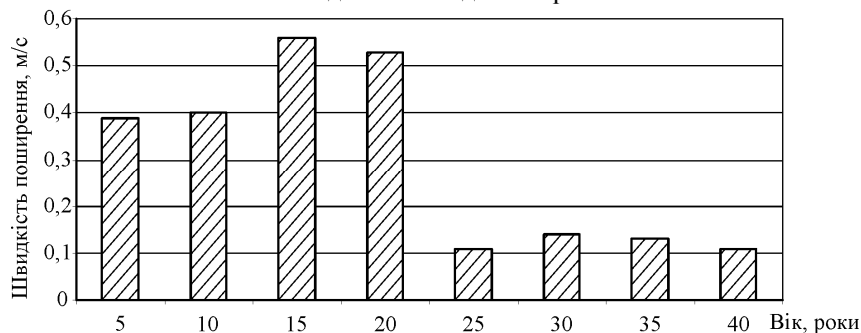


Рис. 3. Швидкість поширення лісової пожежі на дослідній ділянці

Найбільшою є швидкість поширення пожежі в повних соснових деревостанах віком до 20 років, а у старшому віці цей показник значно знижується.

**Висновок.** Найбільшу пожежну небезпеку мають соснові молодняки віком до 20 років, особливо у віці 15-20 років, у яких низова пожежа переходить у верхову та зростає у 3-5 разів, порівняно з насадженнями віком понад 20 років.

### Література

1. Про затвердження Правил пожежної безпеки в лісах України / Держком. лісового господарства України: 27.12.2004 р., № 278 // Офіційний вісник України. – К.: Вид-во "Либідь", 2005. – № 13. – С. 321.
2. Ковалевський С.Б. Динаміка появи та розростання трав'яних рослин у соснових культурах свіжих суборів східного полісся України // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2004. – С. 76-83.
3. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. – К.: Изд-во "Урожай", 1987. – 559 с.
4. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Ключ. – М.: Изд-во "Стройиздат", 1987. – 288 с.
5. Czerpak T. Modelowanie pożaru lasu. Część I. Metody i algorytmy modelowania pożaru lasu / T. Czerpak, T. Maciak // Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza. – 2011. – Nr 3. – S. 83-94.
6. Wildland-Urban Fire Models. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.fs.fed.us/pnw/fera/wfds/index.shtml>
7. Mell W. Computer modelling of wildland-urban interface fires / W. Mell, D. McNamara, A. Maranghides, R. McDermott, G. Forney, C. Hoffman, M. Ginder // Fire & Materials, San Francisco, CA. – 2011. – 12 p. [Electronic resource]. – Mode of access [http://www.firescience.gov/projects/07-1-5-08/project/07-1-5-08\\_Mell\\_et\\_al\\_FAM2011.pdf](http://www.firescience.gov/projects/07-1-5-08/project/07-1-5-08_Mell_et_al_FAM2011.pdf).
8. Hynynen J. Predicting tree crown ratio for unthinned and thinned Scots pine stands / J. Hynynen // Canadian Journal of Forest Research. – 1995. – Vol. 25(1). – Pp. 57-62.
9. Кузык А.Д. Пожежонебезпечні властивості лісових горючих матеріалів / А.Д. Кузык // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.4. – С. 214-218.

Надійшла до редакції 19.07.2016 р.

### Товарянський В.И., Кузык А.Д. Оценка зависимости пожарной опасности сосновых молодняков от возраста

Проведено исследование пожарной опасности сосновых молодняков в зависимости от возраста с применением компьютерного моделирования лесного пожара в физичес-

кой модели Wildland-Urban Fire Dynamics Simulator (WFDS). Оценена пожарная опасность в полных сосновых древостоях в возрасте 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40 лет по скорости распространения фронта пожара на основе моделей роста и рассчитывая высоту нижних ветвей от поверхности почвы. Наземным ярусом горячего материала в насаждениях в возрасте 5 лет рассматривали сухую траву, а в старшем возрасте – хвойную подстилку. Получены значения скоростей распространения низового пожара и верхового при условии перехода в такую форму. Установлено, что переход низового пожара в верховую форму происходит в насаждениях в возрасте до 20 лет, приводит к увеличению скорости распространения пожара и свидетельствует об увеличении пожарной опасности.

**Ключевые слова:** сосна обычная, сосновые молодняки, лесовой пожар, моделирование.

### Tovaryansky V.I., Kuzyk A.D. Evaluation of the Dependence of Fire Hazard of Young Pine Stands of Age

Research of fire hazard of young pine depending on the age of young pine with the use of computer modeling of forest fires in the physical model Wildland-Urban Fire Dynamics Simulator (WFDS) was conducted. Fire hazard in 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40-years full pine stands via velocity of the front of the fire using models of growth and height of lower branches from soil surface was evaluated. The combustible material on the ground in 5-year stands was dry grass and in older age – pine litter. The speeds of spread of ground and crown fires and transition from ground to crown fires was obtained. Transition of ground fires into crown fires was going in 5-20-year stands and this causes increase the speed of propagation of fire and fire danger.

**Keywords:** fire hazard, young pine stand, combustible materials, ground fire.

УДК 332.142.6(477.83)

### ВПЛИВ ЛКП "ЗБИРАНКА" НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ НОВОГО ПОЛІГОНУ

У.В. Хром'як<sup>1</sup>, А.Б. Тарнавський<sup>2</sup>

На сьогодні в Україні відбувається швидке нагромадження твердих побутових відходів, що призводить до негативних змін у довкіллі. Обсяг побутових відходів значною мірою залежить від погодних умов, пори року, рівня життя населення тощо. Річне нагромадження побутових відходів становить близько 240 тис. т на рік. Проблема утилізації побутових відходів стає дедалі гострішою в екологічному і соціальному аспектах нашого життя. Проаналізовано основний негативний вплив ЛКП "Збиранка" на навколишнє середовище та розраховано основні елементи нового полігону для складування твердих побутових відходів у Жовківському р-ні Львівської обл.

**Ключові слова:** тверді побутові відходи, ЛКП "Збиранка", вплив, навколишнє природне середовище, забруднення, рекультивация.

**Постановка проблеми.** На цей час в Україні досить гостро стоїть проблема утилізації твердих побутових відходів (ТПВ). З кожним роком обсяг ТПВ зростає. Більша частина цих відходів потрапляє на полігони та несанкціоновані звалища, які розташовані, спроектовані та експлуатуються таким чином, що негативно впливають на навколишнє природне середовище (НПС) та здоров'я людини.

<sup>1</sup> доц. У.В. Хром'як, канд. техн. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності;

<sup>2</sup> доц. А.Б. Тарнавський, канд. техн. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності;