

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ГУМЕНЮК ВАСИЛЬ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК: 630*434: 582.475.4: 712.23(477.41/.42)

**ПОСТПРОГЕННЕ ВІДНОВЛЕННЯ СОСНОВИХ ЛІСІВ ПОЛІСЬКОГО
ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА**

06.03.03 – лісознавство і лісівництво

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор сільськогосподарських наук, професор
Зібцев Сергій Вікторович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
професор кафедри лісівництва

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Усеня Володимир Володимирович,
Державна наукова установа
«Інститут лісу Національної академії наук Білорусі»,
заступник директора з наукової роботи

кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Ворон Володимир Пантелеймонович,
Український орден «Знак Пошани»
науково-дослідний інститут лісового господарства
та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького,
завідувач лабораторії екології лісу

Захист відбудеться «13» грудня 2016 року о 09⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.09 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Генерала Родимцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розісланий « » листопада 2016 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А. Г. Лащенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Масивні соснові ліси північної частини Центрального Полісся України є критичною умовою збереження рослинного та тваринного біорізноманіття, стабілізації гідрологічного режиму і клімату регіону. Зміни клімату, надмірне споживання природних ресурсів, антропогенне забруднення призвели до суттєвого погіршення стану та стійкості цих лісів, збільшення випадків всихання, спрощення просторової і видової структури насаджень, накопичення сухостою та зростання пожежної небезпеки. За таких умов актуальною науковою задачею є оцінювання впливу окремих чинників, в тому числі пожеж, на компоненти лісових насаджень з метою з'ясування їх ролі у формуванні здорових насаджень та адаптації лісового господарства до умов змін клімату.

Одним із принципів сучасного лісового господарства України є недопущення вогню в лісі. Охорона лісів від пожеж спрямована на мінімізацію ризиків їх виникнення та швидке гасіння. Існує певне протиріччя між таким підходом та тим фактом, що пожежі були важливим природним чинником еволюції сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) як біологічного виду, внаслідок чого сформувалися ряд пірогенних властивостей, які дозволяють окремим деревам у насадженні виживати та плодоносити. Пірогенні властивості сосни зіграли важливу роль у її розповсюдженні і формуванні ареалу в сучасних межах (Sannikov S. N., Goldammer J. G., 1996; Goldammer J. G., Furyaev V. V., 1996; Hille M., 2006).

Усвідомлення цього протиріччя в умовах негативного впливу на ліси змін клімату (Keenan R. J., 2015; Stocks B. J. et al., 2001) сприяло перегляду ролі вогню у формуванні стійких насаджень. У багатьох країнах, зокрема в Європейському Союзі, США, Канаді та інших, відбувається поступовий перехід від парадигми «охорони лісів від пожеж», за якої вогонь у лісі визнавався як негативний чинник, до парадигми «управління пожежами», за якої вогонь залишається одним із чинників формування лісового середовища (Hancock M. H. et al., 2009; Pyne S. J., 2007, 2010; Valendik E. N. et al., 2013). Негативні зміни стану та якості лісів протягом останніх десятиліть, які зумовлені заміною процесу природного відновлення лісів штучним, чітко обмежують категорії лісів, де можуть застосовуватися принципи управління пожежами. У вищезазначених країнах однією з таких категорій лісів є ліси природо-заповідного фонду.

В Україні проведення лісівничих заходів у насадженнях природно-заповідного фонду законодавчо обмежено, внаслідок чого в лісах накопичується значна кількість лісових горючих матеріалів. Недостатнє фінансування заповідників також не дозволяє здійснювати інші протипожежні заходи у повному обсязі. Це періодично призводить до виникнення особливо великих лісових пожеж, одна з яких сталася у Поліському природному заповіднику у 2009 році. Характерною рисою цієї пожежі є те, що окремі лісові насадження були пройдені верховими та низовими пожежами, що дозволяє дослідити постпірогенне відновлення сосняків за різної інтенсивності їх впливу. Дисертаційне дослідження серед іншого, дозволяє надати оцінку впливу пожеж в контексті існуючих цілей та методів управління лісами природно-заповідного фонду України та в умовах змін клімату.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України у межах науково-дослідних держбюджетних тем: «Розробити науково обґрунтовану систему заходів із зниження ризику катастрофічних лісових пожеж у зоні радіаційного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС» (номер державної реєстрації 0110U003571) та «Наукове обґрунтування інтегрованої системи охорони лісів від пожеж у кризових лісопожежних регіонах України як основи збереження біорізноманіття та стійкості лісових екосистем» (номер державної реєстрації 0113U000959), до яких здобувач залучався для виконання окремих розділів.

Мета та задачі дослідження. Мета дисертаційного дослідження – вивчити постпірогенне відновлення соснових лісів Поліського природного заповідника після впливу особливо великої пожежі. Для досягнення мети дослідження було поставлено наступні задачі:

- провести аналітичний огляд наукової літератури щодо вивчення постпірогенного відновлення лісів;
- вивчити горимість лісів у регіоні дослідження;
- вивчити постпірогенне відновлення деревостану та природного поновлення внаслідок впливу пожеж різної інтенсивності;
- вивчити постпірогенні сукцесії живого надґрунтового покриву соснових лісів після низових пожеж різної інтенсивності;
- вивчити вплив лісових пожеж різної інтенсивності на природне поновлення.

Об'єктом дослідження є соснові ліси Поліського природного заповідника пройдені особливо великою пожежею 2009 р.

Предмет дослідження – процес постпірогенного відновлення соснових лісів Поліського природного заповідника пройдених особливо великою лісовою пожежею, в тому числі деревостану, живого надґрунтового покриву та природного поновлення.

Методи дослідження. У процесі виконання дисертаційного дослідження використано спеціальні методи: лісівничо-таксаційні, лісопірологічні та геоботанічні – для збору польового експериментального матеріалу; геоінформаційні методи та методи дистанційного зондування Землі – для аналізу горимості у регіоні дослідження; загальнонаукові методи: аналіз, синтез, системний підхід, математичні, статистичні – для аналізу та статистичної обробки експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. Основні положення дисертаційної роботи, які визначають наукову новизну результатів, полягають у наступному:

вперше:

- вивчено вплив пожеж різної інтенсивності на стан та розвиток сосни за різних типів лісорослинних умов в регіоні;
- створено нормативи для прогнозу відпаду дерев у насадженнях сосни звичайної після низових пожеж у Центральному Поліссі України;
- визначено постпірогенну динаміку природного поновлення сосни звичайної після низових пожеж;

– визначено постпірогенну динаміку видового складу та особливостей структури рослинного покриву у соснових деревостанах Поліського природного заповідника після низових пожеж різної інтенсивності;

удосконалено теоретичні та методичні засади прогнозування відпаду дерев сосни звичайної за кількістю стовбурів і за запасом деревини в залежності від діаметра стовбура, і нижньої висоти нагару після низових пожеж різної інтенсивності.

Практичне значення одержаних результатів. Основні результати дисертаційного дослідження дозволяють зрозуміти вплив пожеж на ключові компоненти лісового насадження такі, як деревостан, живий надґрунтовий покрив і природне поновлення; удосконалити проведення лісогосподарських заходів та оцінити економічні збитки для Поліського природного заповідника на основі кількісної оцінки відпаду дерев у насадженнях сосни звичайної, пройдених низовими пожежами різної інтенсивності.

Результати досліджень впроваджено у діяльність Державним підприємством «Словечанське лісове господарство» (акт про впровадження від 10 грудня 2015 р.), Поліським природним заповідником (акт про впровадження від 10 грудня 2015 р.), а також у навчальний процес Національним університетом біоресурсів і природокористування України (акт про впровадження від 03 грудня 2015 р.).

Особистий внесок здобувача. Викладені у дисертаційній роботі наукові результати, положення, висновки та рекомендації виконані дисертантом особисто і є його науковим доробком. Зібрані протягом 2011–2014 рр. дослідні дані базуються на 30 закладених тимчасових пробних площах для опису постпірогенного стану деревостанів, 480 геоботанічних описах для вивчення живого надґрунтового покриву та 260 майданчиках для обліку природного поновлення. До проведення експериментальних робіт в одиничних випадках залучалися: Г. Й. Бумар, В. А. Свинчук, М. М. Мороз, В. М. Гуменюк. Дисертантом самостійно здійснено пошук інформаційних джерел, аналіз наукових публікацій; математично-статистичну обробку отриманих дослідних даних та розроблення нормативно-інформаційних матеріалів виконано спільно з Д. М. Голякою про що свідчать спільні публікації та посилання у тексті дисертаційної роботи.

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні положення, висновки та рекомендації дисертаційного дослідження доповідалися та обговорювалися на: Міжнародній науково-практичній конференції «Ліс, довкілля, технології: наука та інновації» (м. Київ, 2012 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ліс, довкілля, технології: наука та інновації» (м. Київ, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми наук про життя та природокористування» (м. Київ, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Другий міжнародний тиждень з управління лісовими пожежами» (м. Красноярськ, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції: «Large Wildland Fires: Social, Political and Ecological Effects» (м. Міссула, США, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції: «Streams-2-SUPPRESS-Fires Utilizing Stream Waters in the Suppression of Forest Fires with the help of New Technologies» (м. Кавала, Грецька Республіка, 2015 р.); IV Міжнародному семінарі і національному круглому столі «Охорона лісів від

пожеж та лісопірологічні дослідження на землях Природно-заповідного фонду» (м. Київ, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції: «Біоресурси лісових і урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання» (м. Київ, 2015); Міжнародній науково-практичній конференції: «The 6th International Wildland Fire Conference: Fire of the Past, fire in Future» (м. Пхьончхан, Республіка Корея, 2015 р.).

Публікації. Основні наукові результати дисертації опубліковано у 16 наукових працях, із яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 9 тез наукових доповідей, свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. У спільних публікаціях права співавторів не порушено.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел (216 джерел, у тому числі 42 іноземною мовою) та 12 додатків. Загальний обсяг роботи становить 203 сторінки комп'ютерного тексту, що включає 29 рисунків та 32 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Розділ 1 Дослідження постпірогенного відновлення лісів та їх охорона від пожеж на землях природно-заповідного фонду. Історично пожежі були одним із важливих екологічних чинників, які визначали біорізноманіття, склад, вікову структуру деревостанів, динаміку рослинного покриву та біологічний кругообіг в лісах. Низка авторів (Корчагин А. А., 1954; Komarek E. V., 1966; Mutch R. W., 1970; Wright H. E., Heinselman M. L., 1973; Stern K., Roche L., 1974; Санников С. Н., 1973, 1978; Hille M., 2006; Pyne S. J., 1997, 2007, 2010; Valendik E. N. et al., 2013) зазначають, що лісові пожежі є еволюційно-екологічним чинником, внаслідок дії якого відбуваються тривалі, прямі і непрямі зміни всіх компонентів лісового фітоценозу на різних етапах постпірогенних сукцесій.

Результати досліджень впливу природних пожеж на деревостан свідчать, що постпірогенний стан лісів визначається видом пожеж та їх інтенсивністю (Мелехов І. С., 1948; Вакуров А. Д., 1975; Фуряев В. В., 2002; Иванова Г. А. и др., 2007; Kane V. R. et al., 2012; Meng R. et al., 2015; Lauvaux C. A., et al., 2015). Зокрема, повна загибель насаджень спостерігається після проходження верхових та торф'яних пожеж внаслідок пошкодження крон та корневих систем (Вакуров А. Д., 1975; Гирс Г. И., 1982; Євдокименко Є. Д., 1986). Динаміка стану дерев у насадженні після низових пожеж може варіюватися, чим ускладнює прогнозування постпірогенних наслідків. Величина відпаду після таких пожеж залежить від характеристики компонентів лісостану, лісівничо-таксаційних показників деревостану, типу лісу, типу лісорослинних умов, метеорологічних умов та сезонної динаміки пожеж (Молчанов А. А., 1954; Гуняженко І. В., 1958; Kilgor V. M., 1971; Калинин К. К., 1998; Усеня В. В., 2002; Усеня В. В., Каткова Є. Н., 2005; Фуряев В. В., 1971, 2004, 2009; Гордей Н. В., 2006, 2009). Глобальні зміни клімату розглядаються також, як один із чинників, який призводить до критичних змін у деревостанах. Зростання внаслідок змін клімату

кількості великих пожеж зумовлюють актуальність цієї проблеми у всьому світі (Barrows L. S., 1951; Корчагин А. А., 1954; Илюхина Н. В., Лузгунова А. Г., 1988; Nasi R. et al., 2001; Фуряев В. В., 2002; Coodale C. L. et al., 2002; Flannigan M. D. et al., 2005; Иванова Г. А. и др., 2007; McIver J. D. et al., 2012; McCaw W. L., 2013; Golgammer J. G. et al., 2013; Bolton D. K. et al., 2015). Велика кількість досліджень присвячена впливу пожеж на просторову структуру деревостану, хід постпірогенних сукцесій та зміну ландшафтів (Санников С. Н., 1978; Зібцев С. В., 2004; Pyne S. J., 2007; Боровик Д. В., Таранчук В. Б., 2010; Соколов В. А., Фарбер С. К., 2011; Williams J., 2012; Adams M. A., 2013; Stephens S. L. et al., 2014), які свідчать, що пожежі є одним з ключових драйверів сукцесій лісів та експансії видів лісів, у тому числі і соснових. За даними досліджень також встановлено, що найбільшу небезпеку для лісів становлять великі та особливо великі пожежі. На основі дендрохронологічних досліджень старовікових дерев у США встановлено, що періодичність їх повторення може коливатися від десятків до сотень років (Stocks V. J. et al., 2001; Hardy C. C. et al., 2001; Schmidt K. M. et al., 2002).

Дослідження природного постпірогенного поновлення лісів свідчать про можливість використання пірогенного чинника як елементу сталого управління лісами (Ugla E., 1960; Viro P. J., 1969, 1974; Kozłowski T. T., Ahlgren C. E., 1974; John T. V., Rundel P., 1976; Чижов Б. Н., Санникова Н. С., 1978; Бузыкин А. И., Попова Э. П., 1978; Санникова Н. С., 1978; Neff J. C., 2005; Ireland G., Petripoulos G. P., 2015; Vacchiano G. et al., 2015; Zadina M. et al., 2015). Основуючись на цих дослідженнях у світі широко застосовуються контрольовані випалювання, які дозволяють стимулювати процес лісовідновлення з метою отримання продуктивних і стійких насаджень у майбутньому (Alexander M. E. et al., 2006; Bickford C. A. et al., 2006; Burrows N. et al., 2013; Goldammer G. J., 2013; Белов С. В., 2013; Калинюк А. М., 2015). У літературі відзначено, що після низових пожеж підвищується насіннева продуктивність сосни звичайної та складаються сприятливі умови для появи нового покоління лісу (Санников С. Н., 1973, 1985; Neff J. C., Harden J. W., Gleixner G., 2005; Шарыгин А. М., 2006).

Вивчення постпірогенного відновлення живого надгрунтового покриву ведуться більше століття, проте переважно за межами України (Граков А., 1898; Clements F. E., 1910; Ткаченко М. Е., 1911; Орлов Ф. Б., 1947; Корчагин А. А., 1954; Spurr S. H., 1964; Санников С. Н., 1968; Мелехов И. С., 1948, 1983; Куприянов Н. В. и др., 1974, 1976; Костылева Н. В., 1985; Коротков В. Н., Потапова Н. А., 1999; Житлухина Т. И., 2001; Евстигнеев О. И., Коротков В. Н., 1999, 2001; Ковалева Н. М., Иванова Г. А., 2012, 2013). Авторами відмічено, що пожежі низької та середньої інтенсивності не викликають суттєвих змін у фітоценозі, проте пожежі високої інтенсивності можуть призводити до тривалих сукцесій живого надгрунтового покриву (Нестеров В. Г., 1949; Алексеев О. В., 2005). Також зазначено, що у вологих едатопах трав'яно-моховий покрив відновлюється швидше (3–5 років) ніж у сухих (10–15 років), що значно скорочує час постпірогенної трансформації рослинності (Работнов Т. А., 1978; Перевозникова В. Д. и др., 2005; Сахневич М. Б., 2005). В цілому необхідно констатувати, що питання постпірогенного відновлення живого надгрунтового покриву лісів в Україні є маловивченим, а існуючі дослідження мають фрагментарний характер.

Розділ 2 Природні умови, програма, методика і об'єкти дослідження.

Регіон дослідження відноситься до Олевського фізико-географічного району Західно-Житомирської безморенної підобласті Житомирського Полісся (Маринич О. М., Сирота М. П., 1968), північної зандрової частини межиріччя Уборті і Болотниці. Помірно-континентальний клімат, переважання піщаних дерново-слабопідзолистих, часто оглеєних ґрунтів на території Поліського природного заповідника зумовлюють формування флористично бідної рослинності. Частка вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок у загальному лісовому фонді заповідника становить 86,5 %, до яких входять й лісові болота. Середній вік насаджень – 59 років. У лісовому фонді переважають чисті й мішані насадження сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) – 72,9 %, берези повислої (*Betula pendula* Roth.) – 18,5 %, вільхи клейкої (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) – 1,1 %, осики (*Populus tremula* L.), дуба звичайного (*Quercus robur* L.) та ялівцю звичайного (*Juniperus communis* L.) – < 1,0 %. Головним лісотвірним деревним видом є сосна звичайна, яка утворює високоповнотні (56,1 %) деревостани другого і третього класів бонітету (55,0 %). Лісорослинні умови території дослідження представлені борами – 71 %, субборами – 25 % і сугрудами – 4 %. У напрямку з півдня на північ та зі сходу на захід встановлено незначну оліготрофізацію лісорослинних умов. Найбільш бідні, сухі типи лісорослинних умов поширені у північно-західній частині заповідника, а більш багаті у південно-східній (Балашов Л. С., 1983).

У процесі виконання дисертаційного дослідження на основі аналізу вітчизняних та зарубіжних публікацій щодо досліджень впливу лісових пожеж на деревостан, живий надґрунтовий покрив та природне поновлення лісу було обґрунтовано методи та методики досліджень, розроблено порядок збору, зберігання в базах даних та обробки експериментальних даних, проведено збір дослідного матеріалу, його статистичний аналіз та узагальнення. Вивчення постпірогенного відновлення соснових лісів Поліського природного заповідника пройдених особливо великою лісовою пожежею 2009 року, проводилося із застосуванням методу порівняльної екології, в рамках якого дослідні параметри на ділянках пройдених пожежами порівнювалися з контрольними (Погребняк П.С., 1941). У дослідженні використано загальноприйняті та апробовані методики лісівничо-таксаційних, геоботанічних і лісівничо-пірологічних досліджень (Бельгард О. Л., 1950; Нестеров В. Г., 1954; Побединский А. В., 1966; Часовенна Г. О., 1975; Алексеев В. А., 1989; Вайчис М. В., 1989; Дідух Я. П., Плюта П. Г., 1994; Lutes D., Keane R., 2006; Софронов М. А., Волокитина А. В., 2007; Иванова Г. А., Кисляхов Е. К., 2009; Валендик Э. Н., Фуряев В. В., 2009; Якубенко Б. Є., 2012). Отримані результати оброблені математично-статистичними методами з використанням прикладних програм MS Excel, SPSS та Statistica.

Для вивчення горимості лісів регіону, дослідження та аналізу виникнення й розвитку особливо великої лісової пожежі 2009 р. на території Поліського природного заповідника використано стандартні продукти *MODIS Land MOD14/MYD14* та супутникові знімки *Landsat – 5*. Обробку даних дистанційного зондування землі здійснено на програмному забезпеченні *QGIS 2.12.0*. Для вивчення фракційного складу і запасів лісових горючих матеріалів використано

методику американської системи інвентаризації, і моніторингу наслідків пожеж та комплекс програмного забезпечення FIREMON. Також, на тимчасових пробних площах вивчено допожежний стан насаджень, вид, давність та інтенсивність пожежі, санітарний стан деревостану, дефоліацію крони дерева, природне поновлення лісу, успішність природного поновлення лісу, життєвий стан ценопопуляції природного поновлення, живий надґрунтовий покрив, ценотичну структуру живого надґрунтового покриву, номенклатуру таксонів та систематику, видову подібність та фітоіндикацію екологічних факторів.

Життєвий стан ценопопуляції обраховували за формулою:

$$L = \frac{100n_1 + 70n_2 + 10n_3}{N}, \quad (1)$$

де L – відносна життєздатність ценопопуляції молодого покоління лісу; n_1 , n_2 , n_3 – кількість здорових, ослаблених і всихаючих екземплярів на пробній площі або на 1 га; N – загальна кількість екземплярів поновлення, на пробній площі або на 1 га.

Коефіцієнт подібності П. Жаккара розраховували за формулою:

$$K_j = \frac{c}{a + b - c}, \quad (2)$$

де K_j – коефіцієнт подібності П. Жаккара; a – кількість видів на першій пробній площі; b – кількість видів на другій пробній площі; c – кількість видів спільних для першої і другої пробних площ.

Експериментальна база для дослідження постпірогенного відновлення соснових лісів Поліського природного заповідника складається з 30 тимчасових пробних площ для вивчення постпірогенного стану насаджень, 480 геоботанічних описів для вивчення живого надґрунтового покриву, 260 майданчиків для вивчення природного поновлення лісу, шести облікових майданчиків і 33 трансект для вивчення фракційного складу і запасів лісових горючих матеріалів.

Розділ 3 Горимість лісів регіону дослідження. Основою для вивчення горимості території був аналіз сукупності пірологічних показників, які характеризують просторово-часові особливості виникнення та розповсюдження природних пожеж, що визначаються кліматичними, лісорослинними, геоморфологічними та антропогенними чинниками регіону.

Частота та площі рослинних пожеж у регіоні визначаються масовою практикою застосування весняних та літніх сільськогосподарських палів, навмисними та ненавмисними підпалами рослинності, в тому числі лісів, відсутністю системи виявлення та гасіння пожеж на землях сільськогосподарського призначення та низьким рівнем готовності служб охорони лісів від пожеж. Протягом останніх 11 років у Житомирській області відмічено погіршення лісопожежної ситуації про що свідчить статистика випадків пожеж з 252 випадків у 2006 р. до 1983 випадків у 2015 р. Дослідження свідчать, що за цей період в області відбулося 6072 випадки рослинних пожеж, із яких 91 % це пожежі на землях сільськогосподарського призначення і 9 % – лісові пожежі (рис. 1а). За таких умов 15–30 % лісових пожеж у різні роки є наслідком переходу вогню з

сільськогосподарських угідь. Пожежні максимуми в області спостерігалися у 2009 та 2015 рр.

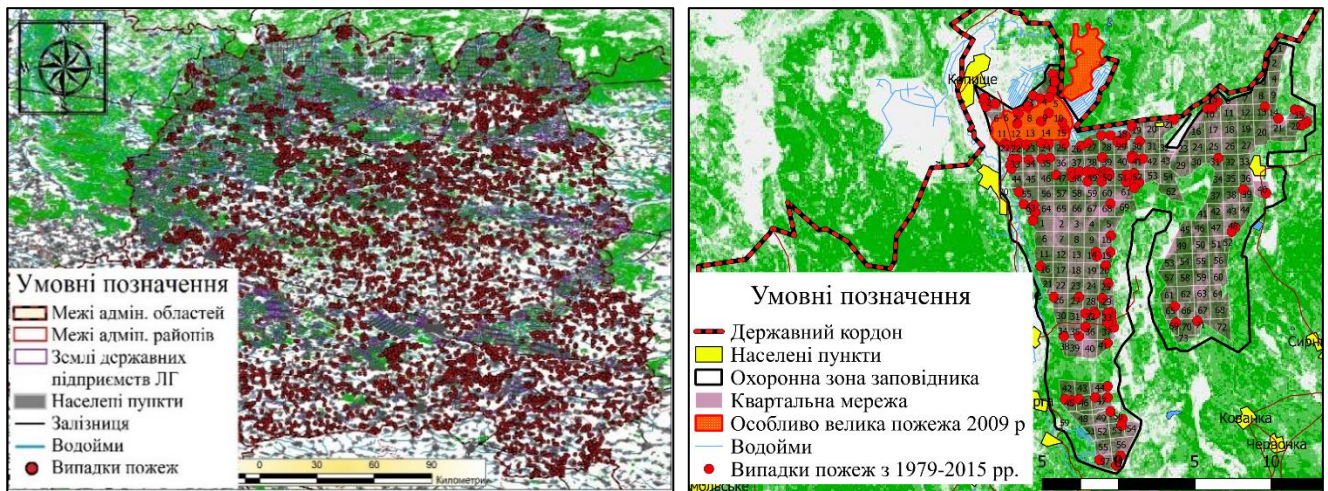


Рис. 1. Багаторічна динаміка природних пожеж по Житомирській області (а) за даними MODIS та Поліському природному заповіднику (б) згідно статистичних даних заповідника)

Пожежі у Поліському природному заповіднику виникають внаслідок необережного поводження з вогнем, переходу вогню із сусідніх територій, підпалів та блискавок. Згідно з ретроспективним аналізом горимості лісів Поліського природного заповідника, за 37 років зафіксовано 140 випадків пожеж, із яких 20 % спричинено переходом вогню з сільськогосподарських угідь, які межують із заповідником і 80 % – виникли безпосередньо в лісах (рис. 1б). Згідно з даними статистичної звітності причиною 98 % випадків пожеж є людський чинник. Висока горимість території Поліського природного заповідника частково є наслідком синергізму із змінами клімату та високим рівнем природної пожежної небезпеки лісового фонду заповідника, 74 % території – I-й та II-й класи. Протягом останніх 20 років встановлено зменшення кількості опадів, зміну рівня ґрунтових вод та зростання температури повітря, що призвело до формування більш посушливих умов у регіоні (Балабух В. О. та ін., 2013).

Успішність та динаміка постпірогенного відновлення лісу залежить від площі пожежі. Аналіз статистичної звітності Поліського природного заповідника за останні 37 років свідчить, що за кількістю – 94 % – переважають пожежі площею до 5 га, проте сумарна їх площа становить тільки 3,6 % від загальної площі пройденої вогнем. Великі та особливо великі пожежі характеризуються зворотнім співвідношенням: за невеликої кількості (5 %) сумарна їх площа більша – 21,8 %. Подібну характеристику мають і особливо великі лісові пожежі, проте їх частка від загальної кількості значно нижча (0,7 %), а сумарна площа втричі вища 74,6 %. Великі пожежі виникають з регулярністю один раз у 7–8 років, переважно у західній частині заповідника, що пов'язано із періодичністю посушливих років та вищою щільністю джерел вогню.

Встановлено, що центрами горимості у Поліському природному заповіднику є Копищанське і Пержанське лісництва, в яких частота виникнення пожеж у 1,1–3,5 рази перевищує середній показник по підприємству. Виникнення великої

пожежі можливо також у Селезівському лісництві та у охоронній зоні заповідника. В окремі роки лісопірологічна ситуація суттєво змінюється, головним чином, внаслідок особливостей користування землями, які межують із заповідником, що свідчить про те, що ризик виникнення пожеж і пірогенного впливу на рослинність існує на всій його території. Отже, вогонь є одним з головних чинників середовища, що разом з іншими періодично впливає на ліси Поліського природного заповідника, тоді як моніторинг цього впливу не входить в стандартну схему літопису природи.

Аналіз сезонної динаміки пожеж свідчить, що вони трапляються протягом всього пожежонебезпечного періоду з піками у квітні та червні. У Копищанському лісництві, крім двох вищезазначених, встановлено третій пік – у серпні; у Пержанському – встановлено два пожежні піки: у травні і липні; у Селезівському – один пожежний пік у серпні. Протягом доби 96 % усіх пожеж трапляються з 09:00 до 22:00. Отже ризик виникнення особливо великих лісових пожеж існує протягом більшої частини пожежонебезпечного періоду (квітень – вересень), в першу чергу, у роки пожежних максимумів. Водночас фактична готовність протипожежних служб заповідника не відповідає існуючим ризикам внаслідок обмеженого фінансування і ця ситуація не зміниться на краще в найближчому майбутньому. Очікуване посилення змін клімату вимагає врахування впливу пірогенного чинника та особливостей постпірогенного відновлення в стратегії управління заповідником.

Дані дистанційного зондування дозволили відтворити розвиток найбільшої в історії заповідника пожежі 2009 р. (див. рис. 16). Зокрема, 27 квітня на землях Копищанської сільської ради, які на заході межують із заповідником, а на півночі з Республікою Білорусь, відбувалося горіння сухого травостою, яке 28 квітня поширилося на територію Білорусі, а вже 29 квітня на землі лісового фонду Поліського природного заповідника. У межах Копищанського лісництва протягом 29 квітня було відмічено наявність 10 термоточок, дев'ять із яких визначено з вірогідністю 63–100 %. Дані супутника *Terra (MODIS)* підтвердили відсутність термоточок у межах вищезгаданого лісництва о 09:05, проте на знімках супутника *Aqua (MODIS)* о 10:55 того ж дня, відмічено наявність активної пожежі на території Копищанського лісництва. Згідно з даними книги обліку лісових пожеж особливо велику лісову пожежу ліквідовано 30 квітня о 02:00. Проте, згідно з даними дистанційного зондування Землі, 02–04 травня у Копищанському лісництві на південному-сході від ліквідованої пожежі було зареєстровано випадки повторного загорання. На серії космознімків *RSS* помітно, як у місцях температурних аномалій, над лісом піднімається густий сірий дим. Таким чином ліквідація особливо великої лісової пожежі тривала довше ніж зазначено у офіційних документах і стала найбільш катастрофічною в історії Поліського природного заповідника.

Інтенсивність пожеж, їх вплив на ліси та на особливості постпірогенного відновлення крім джерел вогню та кліматичних умов визначається також фракційним складом та запасами наземних лісових горючих матеріалів. Для планування протипожежної охорони лісів важливо також знати їх постпірогенну динаміку. Для вивчення постпірогенної динаміки лісових горючих матеріалів було закладено облікові майданчики і трансекти у середньовікових соснових

насадженнях пройдених рухливою низовою пожежею середньої інтенсивності та на контролі у трьох найпоширеніших для заповідника типах лісорослинних умов – А₂ ($\bar{H}_{\text{наг.}}=0,68$ м), В₂ ($\bar{H}_{\text{наг.}}=0,95$ м) та В₃ ($\bar{H}_{\text{наг.}}=1,04$ м) (табл. 1).

Таблиця 1

Фракційний склад та запаси наземних лісових горючих матеріалів у найпоширеніших типах лісорослинних умов Поліського природного заповідника на ділянках пройдених пожежею та на контролі

ТЛУ	Категорія ділянки	Фракційний склад наземних ЛГМ, т/га						Вага підстилки, т/га	Потужність підстилки, см	Запас ЛГМ, т/га
		1-hr	10-hr	100-hr	1000-hr	шишки	живий надґрунтовий покрив			
А ₂	Пройдена пожежею	–	0,20	0,90	1,50	0,50	0,08	1,20	0,40	4,38
	Контроль	0,04	1,40	1,60	1,60	0,60	0,15	11,00	2,60	16,39
Різниця, %		100	86	44	6	17	47	89	85	73
В ₂	Пройдена пожежею	–	0,20	0,70	1,00	0,70	0,14	7,60	3,10	10,34
	Контроль	0,07	1,60	1,70	1,20	0,90	0,29	16,00	7,80	21,76
Різниця, %		100	88	59	17	22	52	53	60	52
В ₃	Пройдена пожежею	0,50	0,04	1,50	1,60	0,80	0,17	8,60	5,80	13,21
	Контроль	1,60	0,07	1,90	1,80	1,00	0,36	24,00	12,20	30,73
Різниця, %		69	41	21	11	20	53	64	52	57

Примітки: ЛГМ – лісові горючі матеріали; ТЛУ – тип лісорослинних умов.

Загалом, запаси наземних лісових горючих матеріалів у різних едатопах Поліського природного заповідника суттєво відрізняються. З покращенням умов від свіжого бору до вологого субору спостерігається їх збільшення від 16,39 до 30,73 т/га. Варто зазначити, що збільшення запасів лісових горючих матеріалів обумовлює у випадку пожежі зростання середньої висоти нагару в насадженні, що може негативно позначитися на санітарному стані дерев. Середня висота нагару помітно збільшується з покращенням типу лісорослинних умов і становить у свіжому бору 0,68 м у свіжому суборі 0,95 м та вологому суборі 1,04 м відповідно.

Після пожежі загальний запас наземних лісових горючих матеріалів знизився на 59 % (40,95 т/га) у порівнянні з контролем. Найбільш суттєво зменшилася кількість дрібних часток розміром менше 2,54 см (1 і 10-hr), а їх запас знизився на 78 і 80 %, що пов'язано із визначальним впливом запасів та вологості цих часток у розвитку пожежі. Варто зазначити, що зниження до 78 % запасів частинок лісових горючих матеріалів розміром < 0,6 мм унеможливило виникнення пожеж протягом найближчих років. Запас крупних горючих матеріалів розміром більше 7,62 см, як і запас шишок знизився менш суттєво на 11 і 20 %. Це зумовлено високою швидкістю проходження пожежі (рухлива), за якої великі частки не встигають згоріти. В цілому, за рахунок згорання верхніх менш вологих на момент пожежі шарів горючих матеріалів, помітно (66 %) зменшився запас лісової підстилки та її потужність (59 %).

Розділ 4 Вплив лісових пожеж на деревостан, природне поновлення і живий надґрунтовий покрив. У лісовому господарстві України переважає уявлення, що після впливу низової пожежі більшість дерев насадження внаслідок термічних пошкоджень лубу починає всихати і відпадає протягом 3–5 років, що робить неможливим вирощування його до віку технічної стиглості. Це є підставою для масової практики проведення суцільних санітарних рубок у найкоротші терміни після пожежі. Аналогічну норму було закріплено у попередній редакції Санітарних правил в лісах України. У практичному плані це означає, що ділянки де відбувається природне постпірогенне відновлення залишилися переважно у зонах, де обмежено проведення рубок, в тому числі лісах природно-заповідного фонду. У решті випадків, насадження звичайно вирубуються суцільними рубками і на наступний рік повертаються в цикл лісовідтворення з підготовкою ґрунту та посадкою сіянців або застосовуються вибіркові рубки, що призводить до поступового розпаду насадження, необхідності його суцільного вирубування та подальшого відновлення. Отже в існуючій системі ведення господарства не зберігається і не переходить у наступне покоління генофонд стійких дерев, які успішно продовжують розвиток після впливу вогню. Дані дослідження мають на меті наукове підтвердження або спростування даної лісогосподарської практики.

Непараметричний кореляційний аналіз дозволив виявити помірну обернену кореляцію санітарного стану дерева та його діаметра ($r_s = -0,56$), а серед показників висоти нагару дерева (h_{max} , h_{min} , h_c) найтісніший зв'язок із категорією стану має нижня висота нагару ($r_s = 0,54$). На основі встановлених статистично значущих залежностей розроблено аналітичні рівняння частки дерев у виділених групах санітарного стану дерев від їх діаметра та нижньої висоти нагару:

$$p_{I-II} = 1,061 \cdot \left(\frac{100}{1 + 10^{2,12 - 0,124 \cdot d}} \right) \cdot \exp(-0,508 \cdot h_{min}), R^2 = 0,78; \quad (3)$$

$$p_{III} = d^{2,358} \cdot \exp(-0,081 \cdot d) \cdot h_{min}^{2,048} \cdot \exp(-1,648 \cdot d), R^2 = 0,57; \quad (4)$$

$$p_{IV-VI} = 100 - 2,674 \cdot \left(\frac{100}{1 + 10^{1,21 - 0,116 \cdot d}} \right) \cdot \exp(-1,079 \cdot h_{min}) \cdot h_{min}^{0,683}, R^2 = 0,74; \quad (5)$$

де p_{I-II} , p_{III} , і p_{IV-VI} – частка дерев у групах категорій стану, %; d – діаметр дерева на висоті 1,3 м, см; h_{min} – нижня висота нагару на стовбурі дерева, м.

У структурі формул (3–5) використано степеневі, експоненціальні та логістичні залежності. Рівняння (4) пояснює найменший відсоток коливання незалежної змінної, а також характеризується найбільшими залишками. Базуючись на рівняннях (3) і (5) створено нормативно-довідкові таблиці для оцінювання частки дерев у виділених групах (I–II і IV–VI) категорій санітарного стану дерев від їх діаметра та нижньої висоти нагару. Для III категорії стану подібних таблиць не розробляли, що спричинено меншими значеннями коефіцієнта детермінації рівняння (4), а також тим, що спрогнозувати стан дерев цієї категорії неможливо. Прогнозування частки дерев IV–VI категорій санітарного стану від діаметра та нижньої висоти нагару наведено в табл. 2. Отримані результати свідчать, що за ступеня товщини більше 16 см та нижній висоті нагару до 1,0 м (включно) відпад

дерев у насадженні через чотири роки після пожежі коливається в межах 3–26 %, що не є критичним для подальшого розвитку деревостану.

Таблиця 2

Прогнозування частки дерев IV–VI категорій санітарного стану у деревостані в залежності від діаметра ($d_{1,3}$) та нижньої висоти нагару, %

Ступінь товщини, см	Інтенсивність пожежі та нижня висота нагару, м											
	слабка	середня	сильна									
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
4	85,2	86,2	89,4	92,5	94,9	–	–	–	–	–	–	–
8	66,7	68,8	76,0	83,0	88,4	92,4	–	–	–	–	–	–
12	41,4	45,2	57,8	70,1	79,7	86,6	91,3	94,4	96,5	97,8	98,6	–
16	20,8	25,9	43,0	59,5	72,5	81,9	88,2	92,5	95,3	–	–	–
20	9,9	15,6	35,1	54,0	68,7	79,4	86,6	–	–	–	–	–
24	5,4	11,5	31,9	51,7	67,2	78,3	–	–	–	–	–	–
28	3,8	9,9	30,7	50,8	66,6	–	–	–	–	–	–	–
32	3,2	9,4	30,3	50,5	–	–	–	–	–	–	–	–
36	3,0	9,2	30,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
40	2,9	9,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
44	2,9	9,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
48	2,9	9,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
52	2,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
56	2,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
60	2,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Дослідження свідчать, що більшість дерев у насадженнях після низових пожеж не має ознак погіршення стану. Отже, такі насадження можуть бути залишені на корені з метою продовження вирощування до віку головної рубки, проте вони вимагають періодичного моніторингу санітарного стану та динаміки шкідників протягом 3–5 років. У випадку сильного вогневого впливу, який пошкоджує дерева вище зони товстої кори, можуть бути застосовані певні оздоровчі заходи, які не порушують цілісності деревостану. Отже результати досліджень свідчать що поточна практика вирубування насаджень протягом місяця після пожежі не базується на науковій основі, є некоректною та повинна бути змінена.

У результаті постпірогенного відмирання дерев та їх відпаду важливим питанням є економічне оцінювання завданої шкоди. Оцінювання було проведено для насаджень Поліського природного заповідника, пройдених пожежами. Об'єм окремого стовбура сосни звичайної у корі визначали за допомогою регресійного рівняння (6), створеного на основі масиву даних 97 модельних дерев:

$$V_{\text{ук}} = 781 \cdot d^{1,699} \cdot h^{1,077} \cdot 10^{-7}, R^2=0,99; \quad (6)$$

де $V_{\text{ук}}$ – об'єм стовбура дерева у корі, м³; h – висота дерева, м.

Для практичного використання математичного рівняння (6) запропоновано його табличний вигляд (табл. 3). Для встановлення подібності вибірок дерев всіх категорій санітарного стану за діаметром у насадженнях пройдених вогнем і контролі використовували критерій λ Колмогорова-Смірнова. Розрахунок критерію Колмогорова-Смірнова для емпіричних розподілів дерев за діаметром на горільниках і контролях не виявив статистично значущої різниці між цими вибірками: жодне фактичне значення λ критерію не перевищило критичне значення цієї статистичної метрики за ймовірності 95 % ($\lambda_{\text{крит}} = 1,36$). Таким чином, існування відмінностей у розподілі дерев за ступенями товщини між постпірогенними насадженнями і контрольними залишається недоведеним.

Таблиця 3

Об'єм стовбура у корі залежно від висоти і діаметра у соснових насадженнях Поліського природного заповідника, м³

Ступінь товщини, см	Висота дерева, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
4	0,004	0,006	0,008	0,010	0,012	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,018	0,025	0,032	0,039	0,046	0,053	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,050	0,064	0,077	0,091	0,105	0,120	0,134	0,149	–	–	–	–
16	–	–	–	0,104	0,126	0,149	0,172	0,195	0,219	0,242	0,266	0,290	–	–
20	–	–	–	–	0,184	0,218	0,251	0,285	0,319	0,354	0,389	0,424	0,459	–
24	–	–	–	–	–	0,296	0,342	0,389	0,435	0,482	0,530	0,578	0,625	0,674
28	–	–	–	–	–	–	0,445	0,505	0,566	0,627	0,688	0,750	0,813	0,875
32	–	–	–	–	–	–	–	–	0,710	0,786	0,864	0,942	1,02	1,10
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,961	1,06	1,15	1,25	1,34
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,26	1,38	1,49	1,60
44	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,62	1,75	1,89
48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,88	2,03	2,19

Результати статистичного аналізу дослідних рядів розподілу дерев за діаметром свідчать, що коефіцієнт мінливості діаметра загальної кількості стовбурів у дослідних деревостанах коливається в межах 23–68 % і в середньому становить 41,2 %. Порівняно з результатами досліджень мінливості діаметра дерев штучних соснових деревостанів Полісся України (Савич Ю. Н., 1973; Полякова Л. В., 1995; Строчинський А. А. та ін., 2005) та за кордоном (Успенский В. В., Попов В. К., 1974; Багинский В. Ф., 1974; Усанин В. С., 2003) мінливість діаметра дерев дослідних деревостанів Поліського природного заповідника на 5–20 % вища. За коефіцієнтом мінливості діаметра та редуційних чисел за діаметром, деревостани Поліського природного заповідника (41,2 %) наближаються до природних сосняків.

Важливим аспектом постпірогенного відновлення лісів є оцінка успішності природного поновлення після пожеж. Експериментальні дослідження свідчать, що

протягом 4-річного періоду після пожежі найбільш успішне поновлення лісу відбувається протягом першого та другого років після пожежі, коли з'являється 90 % самосіву деревних видів. На постпірогенних ділянках в усіх типах лісорослинних умов відмічено задовільне природне поновлення сосною звичайною й березою повислою, а у вологих суборах – осикою. Порівняно з контролем сумарна кількість самосіву та підросту на горільнику є вищою на 78 %. На горільнику і контролі поновлення виду-едифікатора – сосни звичайної характеризується вищою чисельністю у порівнянні з іншими деревними видами. Зокрема на площі пройденій пожежею його кількість становить 80 % (рис. 2).

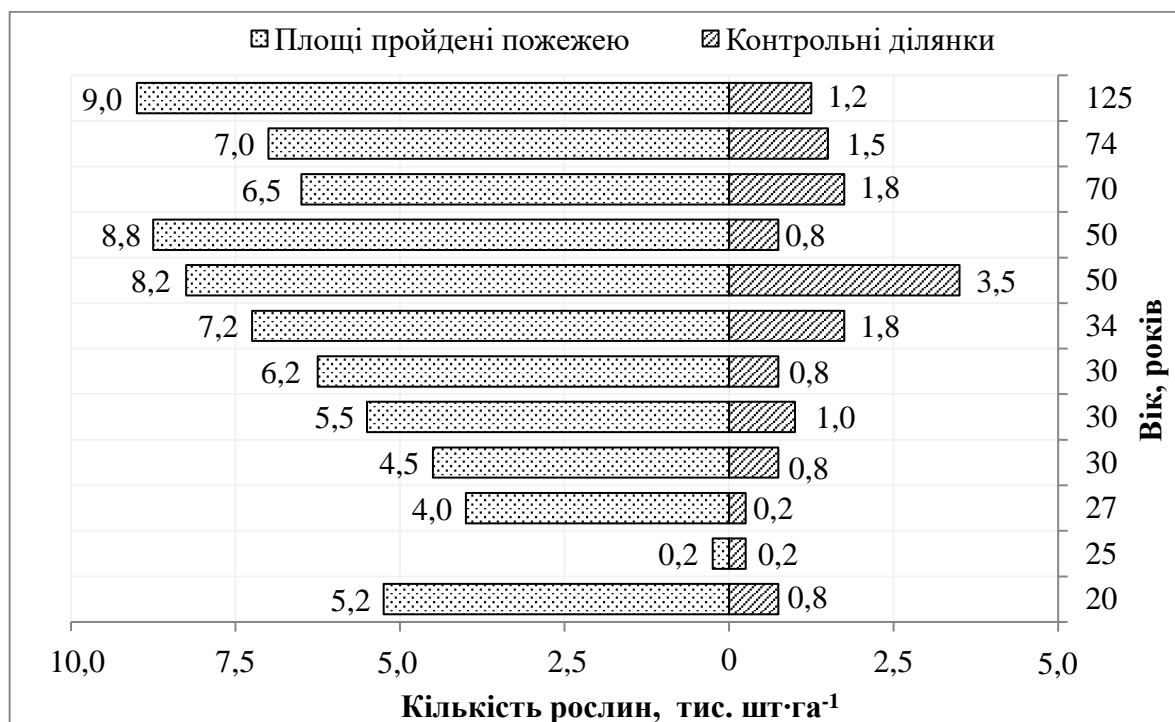


Рис. 2. Кількість природного поновлення сосни звичайної в насадженнях різного віку пройдених пожежами та на контролі, тис. шт·га⁻¹

Середній показник трапляння підросту сосни звичайної на пробних площах після низової пожежі середньої і сильної інтенсивності є вищим і коливається у межах 75–100 %. Такі значення показника трапляння спостерігаються переважно у пристигаючих деревостанах віком 62–74 роки, повнотою 0,63–0,97 за типів лісорослинних умов А_{1,2} та В₂. За вищевказаного показника, характер розміщення сосни на площі можна охарактеризувати як рівномірний. Трапляння підросту листяних деревних видів в усіх типах лісорослинних умов значно нижче, а характер його розміщення є груповим. На четвертий рік після пожежі сосновий підріст, який з'явився на горільнику має помітно виражену диференціацію за висотою. Середня висота більшості (61 %) становить 0,26–0,5 м, що дає їм можливість конкурувати із трав'яною рослинністю під наметом деревостану.

З метою встановлення життєздатності підросту здійснено його класифікацію за категоріями життєвого стану. Кількість здорових екземплярів на горільнику і контролі збільшується із зростанням віку підросту. Так, кількість здорового однорічного поновлення на площі пройденій вогнем становить 36 %,

дворічного – 53 %, трирічного – 57 % і чотирирічного – 67 % відповідно. На контролі кількість здорових екземплярів збільшується, починаючи з восьми років і вище (81–100 %). Слід зазначити, що у підросту на горільнику з віком зменшується кількість ослаблених екземплярів, починаючи з двох років і вище з 50–22 %. На основі експериментального матеріалу встановлено статистично-значущі кореляційні зв'язки життєздатності підросту з його висотою, віком та типом лісорослинних умов.

Живий надґрунтовий покрив є одним з ключових компонентів екосистем на який спрямовано охоронний режим на землях природно-заповідного фонду України, що пов'язано з його високим біорізноманіттям, екологічними та біоіндикаторними функціями. Живий надґрунтовий покрив в першу чергу піддається вогневому впливу, отже необхідно з'ясувати закономірності постпірогенного відновлення в рамках цілей природоохоронної діяльності. Експериментальні дослідження свідчать, що збереження або відновлення видів живого надґрунтового покриву після пожежі залежить від її виду та інтенсивності. Проте в цілому пожежі позитивно впливають на динаміку видів живого надґрунтового покриву, за виключенням високоінтенсивних: за 4 роки після пожежі кількість видів рослин на постпірогенних ділянках збільшилася майже на половину (49 %). В тому числі, виявлено 39 видів, з яких 37 – судинні рослини та 2 види мохів, також відмічено появу 19 видів рослин, що належать до п'яти родин, які з'явилися внаслідок пожежі – *Asteraceae*, *Polygonaceae*, *Onagraceae*, *Scrophulariaceae* та *Rosaceae*.

Для детального вивчення впливу пірогенного чиннику на живий надґрунтовий покрив, пробні площі розділено на три групи за інтенсивністю пожежі. При аналізі флористичного складу надґрунтового покриву після пожежі низької інтенсивності виявлено, що рясність та видовий склад як трав'яного, так і мохового ярусів через 4 роки після пожежі не змінився. Після низової пожежі середньої та високої інтенсивності відбуваються суттєві зміни у флористичному складі й структурі надґрунтового покриву. Зокрема відмічено підвищення (93 %) проективного покриття трав'яно-кущикового ярусу і зниження покриття мохово-лишайникового ярусу на 99 %. На ділянках пройдених пожежею з'явилися такі види судинних рослин: *Chamaerion angustifolium* L., *Erigeron canadensis* L., *Rumex acetosella* L., *Agrostis tenuis* Sibth., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Hieracium pilosella* L., *Solidago virgaurea* L., *Gnaphalium sylvaticum* L., *Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg., *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench., які є панівними. Види зелених мохів (*Dicranum polysetum* Swartz., *Polytrichum commune* Hedw.) та лишайник *Cladonia rangiferina* (L.) Web. не відновилися. Проте з'явилися нові види мохів з родини політрихових – *Polytrichum piliferum* Hedw. та *Polytrichum juniperinum* Hedw.

Панівні та співпанівні види живого надґрунтового покриву на постпірогенних ділянках характеризуються високою константністю (50–67 %) та низьким домінуванням (менше 25 %). У видів сталість яких рівна, або перевищує 50 % проективне покриття коливається в межах 5–9 %. На контрольних ділянках види рослин з високою константністю в переважній більшості є домінуючими, що є характерним для непорושених біоценозів.

Аналіз ценотичної структури живого надґрунтового покриву на горільнику і контролі свідчить, що повне відновлення ценотичної структури відбувається тільки після низової пожежі низької інтенсивності. Внаслідок низової пожежі середньої інтенсивності спостерігається зниження участі сільвантів (Sil) до 35 %, а також відмічено появу пратантів (Pr) та рудерантів (Ru). Частка степантів (St) збільшується не суттєво (4,3 %). Після низової пожежі високої інтенсивності відбувається зниження участі сільвантів до 56 %, а частка рудеральних видів складає близько 19 %. Таким чином інтенсивність пожежі є ключовим чинником, який зумовлює спрямованість змін у структурі ценозу надґрунтового покриву (рис. 3).

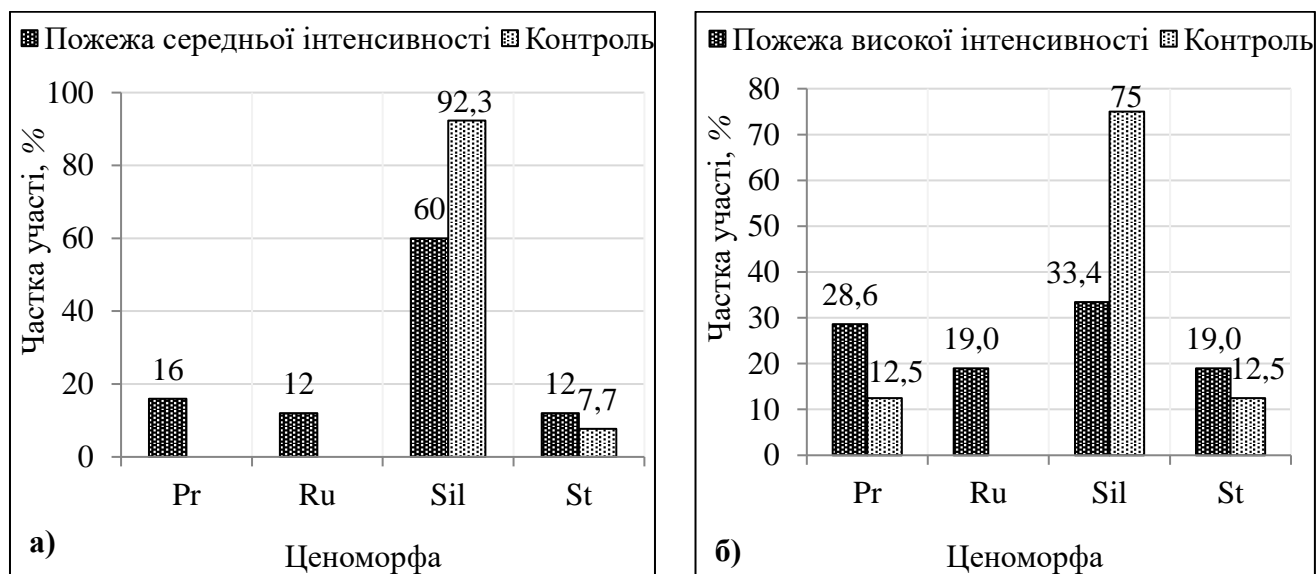


Рис. 3. Ценотична структура живого надґрунтового покриву після низової пожежі середньої (а) і високої (б) інтенсивностей та на контролі

Оцінювання якісних змін видового різноманіття у постпірогенних фітоценозах і на контрольних ділянках здійснювалося з використанням коефіцієнту флористичної подібності П. Жаккара. За результатами дослідження встановлено, що після низової пожежі низької інтенсивності спостерігається повне відновлення видового складу рослин оскільки коефіцієнт подібності дорівнює одиниці. Після пожежі середньої інтенсивності значення коефіцієнта коливалося у межах від 0,11–0,43, а після високої інтенсивності від 0,13–0,15. Статистичний аналіз експериментальних даних дозволив встановити достовірний обернений кореляційний зв'язок між коефіцієнтом флористичної подібності і видом пожежі ($r_s = -0,69$). Таким чином, збільшення інтенсивності низової пожежі призводить до зниження подібності живого надґрунтового покриву між горільником і контролем.

Застосування методу синфітоіндикації та побудови екологічних матриць, дозволили візуалізувати залежності між провідними екофакторами за різний період після пожеж (рис. 4).

Між вологістю (Nd) та змінністю зволоження ґрунту (Fh) простежується оберненолінійна залежність, за якої постпірогенні види в перший рік після пожежі займають мезофітні та гігрофітні ділянки ординаційного поля. В перший рік після пожежі відмічається зниження кислотності ґрунту та зростання вмісту

мінерального азоту. Через 2–4 роки показники екологічних факторів на площі пройденій пожежею вирівнюються і наближаються до значень контрольних ділянок.

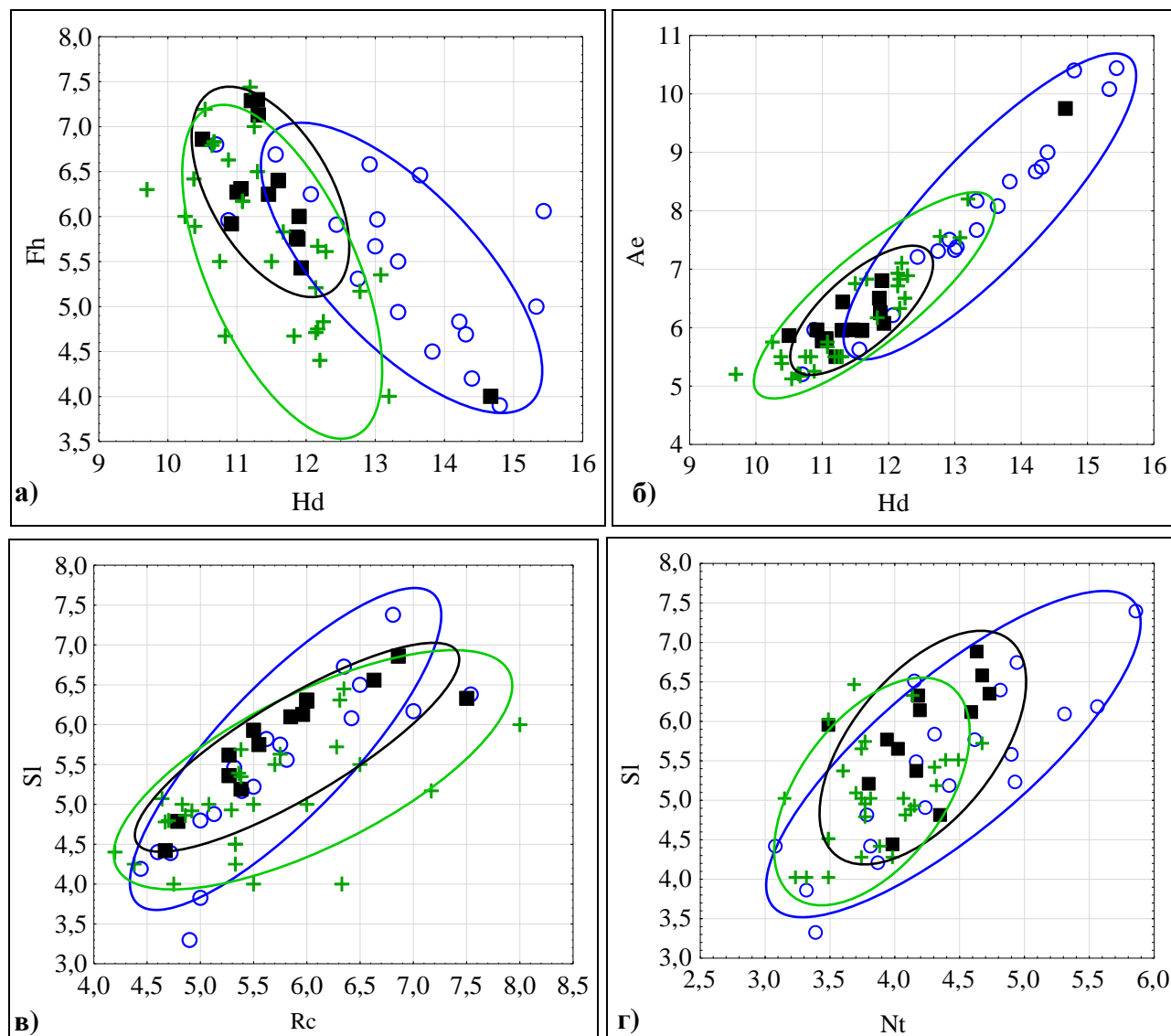


Рис. 4. Ординаційна діаграма розподілу соснових лісів за різними періодами після пожеж в залежності від зміни: *а*) – вологості (Hd) та змінності зволоження (Fh), *б*) – вологості (Hd) та аерації ґрунту (Ae), *в*) – кислотності (Rc) та вмісту солей у ґрунті (Sl), *г*) – вмісту азоту (Nt) та солей у ґрунті (Sl): ■ – чотири роки після пожежі; ○ – рік після пожежі; + – контроль.

Аналіз екологічної диференціації видів живого надґрунтового покриву в постпірогенних соснових деревостанах дозволив встановити, що найбільш чутливими до пожеж є вологість, змінність зволоження ґрунту, кислотність, сольовий режим, вміст азоту та аерація ґрунту. Інші екофактори є менш чутливими, а їхні значення змінюються не суттєво.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного аналізу положень і результатів дисертаційної роботи, що стосуються методичних підходів до збору польових матеріалів та їх опрацювання зроблені наступні висновки:

1. Рослинні пожежі були і є постійним та суттєвим екологічним чинником, що впливає на формування та розвиток лісів Поліського природного заповідника. Зміни клімату та гідрологічного режиму території у поєднанні із змінами землекористування, погіршенням соціально-економічного становища місцевого населення та недостатнім фінансуванням охорони лісів від пожеж призвели до зростання середньої кількості та площ пожеж, їх інтенсивності, що вимагає врахування ролі вогню у системі управління природо-заповідним фондом та досліджень постпірогенного відновлення лісів.

2. Чинна нормативно-правова база не передбачає спеціальний порядок охорони лісів від пожеж на територіях природно-заповідного фонду та цільове фінансування протипожежних заходів. Охорона лісів від пожеж на території заповідника спрямована на повне виключення впливу вогню на ліси, проте ця ціль не досягається через недофінансування, масові випалювання на сільськогосподарських землях, що межують із заповідником та наявність джерел вогню в лісах.

3. Ризик виникнення пожеж існує на всій території заповідника протягом пожежонебезпечного періоду з піками у квітні та серпні. Центрами горимості є ліси Копищанського та Пержанського лісництв, а в роки пожежних максимумів (2009, 2015 рр.) Селезівського лісництва та охоронної зони заповідника. Найбільш суттєвий вплив на рослинність відбувається внаслідок великих та особливо великих пожеж (96 % площі пройденої вогнем), які виникають з періодичністю 7–8 років, зокрема пожежі 2009 р. – найбільшої в історії заповідника.

4. Заповідний режим та відсутність рубок догляду, в першу чергу в соснових монокультурах, сприяє їх натуралізації. За коефіцієнтом мінливості діаметра та редуційних чисел за діаметром деревостани Поліського природного заповідника (41,2 %) наближаються до природних сосняків. Одночасно відбувається накопичення лісових горючих матеріалів в лісах і підвищення природної пожежної небезпеки, що призводить до зростання висоти полум'я у випадку виникнення пожежі. Пожежі є єдиним чинником, що сприяє зниженню природної пожежної небезпеки в сосняках заповідника внаслідок зменшення запасу наземних горючих лісових з 16,39–30,73 т/га у насадженнях не пройдених вогнем до 12,01–17,52 т/га у постпірогенних насадженнях. Найбільш суттєво після пожеж – 60–88 % зменшується запас фракції 1-h та 10-h (до 0,60 та 2,54 см), яка визначає ризик виникнення та швидкість розвитку пожежі на її ранніх етапах. Запас крупних фракцій після пожежі (100-h) знижується на 10–25 %, а потужність підстилки в цілому – на 50–80 %.

5. Вплив низових пожеж низької та середньої інтенсивності ($H_n < 1_m$) на насадження із середнім діаметром ($d_{1,3}$) нижче 16 см призводить до переходу 20,8–25,9 % дерев у IV–VI категорії санітарного стану, що не викликає загибелі або критичних змін у структурі соснових насаджень, а статистично санітарний стан дерев та вірогідність відпаду достовірно корелює з нижньою висотою нагару. В цілому даний тип пожеж не спричиняє виникнення статистичної відмінності у розподілі дерев за ступенями товщини між звичайними та постпірогенними насадженнями.

6. Пожежі стимулюють появу та розвиток природного поновлення лісу. Кількість самосіву деревних видів у постпірогенних насадженнях на 78–81 %

перевищує даний показник у контрольних насадженнях не пройдених вогнем. Найбільш успішно надійне природне поновлення відбувається протягом перших двох років після пожежі у пристигаючих насадженнях середньої повноти, а самосів представлений всіма видами деревного ярусу з переважанням сосни звичайної (до 80 % від загальної кількості поновлення). Частка здорового поновлення збільшується з 36 до 67 % із зростанням його віку від одного до чотирьох років.

7. У постпірогенних насадженнях після низових пожеж низької та середньої інтенсивності до 49 % зростає кількість видів та рясність живого надґрунтового покриву, зокрема за рахунок видів родин *Asteraceae*, *Polygonaceae*, *Onagraceae*, *Scrophulariaceae* та *Rosaceae*. Низові пожежі високої інтенсивності призводять до майже повного знищення мохового-лишайникового ярусу. У ценотичній структурі зростання інтенсивності пожежі від слабкої та сильної знижує участь сільвантів з 35 до 56 % і збільшення частки рудерантів до 19 %, а коефіцієнт подібності видового складу П. Жаккара на постпірогенних та контрольних ділянках знижується від 1,0 до 0,11–0,43. Такі зміни є наслідком зміни екологічних умов на постпірогенних ділянках за рахунок надходження зольних елементів у ґрунт, зростання освітленості та зменшення вологості ґрунту.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для зниження ризиків виникнення особливо великих лісових пожеж у лісовому фонді Поліського природного заповідника необхідно реалізувати наступні заходи: встановлення автоматизованої системи раннього цілодобового виявлення пожеж, яка б покривала всю територію заповідника і дозволила оперативно виявляти невеликі осередки займання; нарощування готовності протипожежних сил та засобів у періоди з високою пожежною небезпекою для швидкого (20–30 хвилин) реагування на виявленні пожежі; розроблення місцевих шкал дозрівання лісових горючих матеріалів; зниження пожежної небезпеки критичних ділянок лісового фонду лісівничо-пірологічними заходами.

2. Управління пожежами на землях природно-заповідного фонду України повинно здійснюватися екологічними способами для забезпечення адекватного функціонування й стійкості екосистем у майбутньому та ґрунтуватися на правовій системі і підтримуватися чіткою державною політикою. На сьогодні Державне законодавство України не містить спеціального порядку організації заходів з охорони лісів від пожеж на заповідних територіях і потребує вдосконалення.

3. Розроблені нормативно-інформаційні таблиці дозволять удосконалити проведення лісгосподарських заходів та оцінити економічні збитки для регіону Центрального Полісся України на основі кількісної оцінки відпаду дерев у насадженнях сосни звичайної, пройдених низовими пожежами різної інтенсивності.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Бумар Г. Й. Резерватогенні зміни насаджень сухих борів Поліського природного заповідника / Г. Й. Бумар, В. В. Гуменюк // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія:

Лісівництво і декоративне садівництво. – 2012. – Вип. 171. – Ч. 2. – С. 92–98. *(Здобувачем опрацьовано дослідні дані, зроблено узагальнення та висновки).*

2. Гуменюк В. В. Вплив низової пожежі на деревостан та наземні лісові горючі матеріали в соснових лісах Центрального Полісся України: [електронний ресурс] / В. В. Гуменюк, С. В. Зібцев, А. А. Борсук // Національний університет біоресурсів і природокористування України. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-6/ukr/humenyuk_zibtsev_borsuk/. *(Здобувач здійснив польові дослідження, провів порівняльну характеристику та узагальнив результати).*

3. Гуменюк В. В. Природне поновлення насаджень сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) пройдених низовими пожежами у регіоні Центрального Полісся України / В. В. Гуменюк // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – 2015. – Вип. 25.5. – С. 48–55.

4. Гуменюк В. В. Вплив низової пожежі на соснові деревостани у зоні Центрального Полісся України / В. В. Гуменюк, Д. М. Голяка, С. В. Зібцев // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – 2015. – Вип. 25.9. – С. 41–49. *(Здобувач провів порівняльну характеристику насаджень пройдених пожежею та контрольних ділянок, сформував висновки).*

**Статті у наукових фахових виданнях України,
включених до міжнародних наукометричних баз даних:**

5. Гуменюк В. В. Післяпожежне відновлення живого надґрунтового покриву у лісових насадженнях Поліського природного заповідника / В. В. Гуменюк // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – 2013. – Вип. 23.13. – С. 25–31.

6. Свинчук В. А. Особливості таксаційної будови штучних соснових деревостанів заповідних лісів Центрального Полісся України / В. А. Свинчук, С. В. Зібцев, В. В. Гуменюк // Національний університет біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво і декоративне садівництво. – 2014. – Вип. 198. Ч. 2. – С. 53–58. *(Здобувач здійснив польові дослідження, провів порівняльну характеристику та узагальнив результати).*

Тези наукових доповідей:

7. Гуменюк В. В. Післяпожежне відновлення деревостанів Поліського природного заповідника / В. В. Гуменюк, С. В. Зібцев // Ліс, довкілля, технології: наука та інновації: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 29 березня 2012 року: тези доповіді. – К., 2012. – С. 23–24. *(Здобувачем опрацьовано дослідні дані, зроблено узагальнення та висновки).*

8. Гуменюк В. В. Післяпожежне відновлення живого надґрунтового покриву у лісових насадженнях Поліського природного заповідника / В. В. Гуменюк // Ліс, довкілля, технології: наука та інновації: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 28–29 березня 2013 року: тези доповіді. – К., 2013. – С. 23–25.

9. Гуменюк В. В. Наслідки великої лісової пожежі для соснових деревостанів Поліського природного заповідника / В. В. Гуменюк // Актуальні проблеми наук про життя та природокористування: Міжнародна науково-

практична конференція молодих вчених, м. Київ, 16–18 жовтня 2013 року: тези доповіді. – К., 2013. – С. 49–50.

10. Перспективи лісопірологічних досліджень в Україні в контексті глобальних та регіональних змін / [Зібцев С. В., Борсук А. А., Борсук О. А., **Гуменюк В. В.**, Корень В. А.] // Лісове і садово-паркове господарство ХХІ сторіччя: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 13–14 березня 2014 року: тези доповіді. – К., 2014. – С. 50–51. *(Здобувачем опрацьовано дослідні дані, зроблено узагальнення та висновки).*

11. Newly arising fire problems on afforested, abandoned and contaminated lands of the eastern european region / Zibtsev S., Goldammer J. G., Sheldon P., Borsuk O., Borsuk A., **Gumenuik V.** // Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 23–24 квітня 2015 року: тези доповіді. – К., 2015. – С. 88–89. *(Здобувачем опрацьовано дослідні дані, зроблено узагальнення та висновки).*

12. Гуменюк В. В. Вплив низової пожежі на деревостан та наземні лісові горючі матеріали в соснових лісах Центрального Полісся України / **В. В. Гуменюк**, С. В. Зібцев, А. А. Борсук // Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 23–24 квітня 2015 року: тези доповіді. – К., 2015. – С. 74–75. *(Здобувачем опрацьовано дослідні дані, зроблено узагальнення та висновки).*

13. Zibtsev S. Impact of large wildfire of 2009 in Poleskiy natural reserve on forest health and biodiversity / S. Zibtsev, **V. Gumenuik** // Frontiers In Environmental and Water Management: International conference, Kavala, 2015: abstracts digest. – P. 81. *(Здобувачем опрацьовано дослідні дані, зроблено узагальнення та висновки).*

14. Gumenuik V. Fire management in protected areas in the zones contaminated by radionuclides after Chernobyl nuclear accident: need for cross-border cooperation between Republic Belarus and Ukraine [електронний ресурс] / V. Gumenuik // The 6th International Wildland Fire Conference, Pyeongchang, 2015: abstracts digest. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://en.wildfire2015.kr/page/archive/post/iwfc-2015-abstracts>.

15. Gumenuik V. Post-Fire Succession of the Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) Forests in the Central Polissya of Ukraine [електронний ресурс] / **V. Gumenuik** // The 6th International Wildland Fire Conference, Pyeongchang, 2015: abstracts digest. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://en.wildfire2015.kr/page/archive/post/iwfc-2015-abstracts>.

Свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір:

16. А. с. (Вплив низової пожежі на соснові деревостани в зоні Центрального Полісся України) / **В. В. Гуменюк**, Д. М. Голяка, С. В. Зібцев. – № 63993. – дата реєстрації 09.02.2016 р. *(Здобувачем сформовано основні положення).*

АНОТАЦІЯ

Гуменюк В. В. Постпірогенне відновлення соснових лісів Поліського природного заповідника. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.03.03 – лісознавство і лісівництво. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2016.

Дисертаційну роботу присвячено вивченню постпірогенного відновлення соснових лісів Поліського природного заповідника, в тому числі деревостану, живого надґрунтового покриву, природного поновлення та лісових горючих матеріалів.

У дисертаційній роботі вперше здійснено аналіз горимості лісів регіону дослідження; визначено постпірогенне відновлення деревостану, живого надґрунтового покриву і природного поновлення у соснових лісах Поліського природного заповідника після низових пожеж різної інтенсивності; проведено оцінювання впливу особливо великої лісової пожежі на накопичення та фракційний склад лісових горючих матеріалів; створено нормативи для прогнозу відпаду дерев у насадженнях сосни звичайної після низових пожеж різної інтенсивності.

Ключові слова: особливо велика лісова пожежа, деревостан, природне поновлення, живий надґрунтовий покрив, лісові горючі матеріали, горимість, інтенсивність пожежі, категорія стану, дефоліація крони, життєздатність, трапляння, константність, домінування, синфітоіндикація.

АННОТАЦИЯ

Гуменюк В. В. Постпирогенное возобновление сосновых лесов Полесского природного заповедника. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.03.03 – лесоведение и лесоводство. – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2016.

Диссертация посвящена изучению постпирогенного возобновления сосновых лесов Полесского природного заповедника, в том числе древостоя, живого напочвенного покрова, естественного возобновления и лесных горючих материалов.

В диссертационной работе впервые осуществлен анализ горимости лесов региона исследования; определены особенности постпирогенного восстановления древостоя, живого напочвенного покрова и естественного возобновления в сосновых лесах Полесского природного заповедника после низовых пожаров разной интенсивности; проведена оценка влияния особенно крупного лесного пожара на накопление и фракционный состав лесных горючих материалов; созданы нормативы для прогноза отпада деревьев в насаждениях сосны обыкновенной после низовых пожаров разной интенсивности.

Результаты исследования показали, что главным фактором, определяющим современный уровень пожарной опасности лесов Полесского природного заповедника, является ограничения лесохозяйственных мероприятий. Риск возникновения пожаров существует на всей территории заповедника, в том числе

и буферной (охранной) зоне. Недостаточно развитая сеть лесных дорог и устаревшая система раннего обнаружения лесных пожаров не позволяет своевременно реагировать и локализовать пожары на ранней стадии их развития. Преобладание в лесном фонде средневозрастных монокультур сосны обыкновенной искусственного происхождения, которые растут преимущественно в борах и суборах определяют высокий риск катастрофических пожаров.

Результаты горимости лесов Полесского природного заповедника за последние 37 лет показали, что по количеству (94,3 %) преобладают пожары площадью до 5 га, однако суммарная их площадь составляет только 3,3 %. Большие пожары характеризуются обратным соотношением: при небольшом количестве (5 %) суммарная площадь таких пожаров составляет более 21,8 %. Подобную характеристику имеют и особенно большие пожары, однако их доля от общего количества значительно меньше (0,7 %), а суммарная площадь заметно больше – 74 %.

На основе анализа данных после пожарного состояния сосновых древостоев разработаны нормативно-справочные материалы, которые позволяют прогнозировать отпад деревьев сосны обыкновенной по количеству стволов и по запасу в зависимости от диаметра и нижней высоты нагара после низовых пожаров разной интенсивности. Нормативные данные свидетельствуют, что при степени толшины >12 см и нижней высоте нагара $\leq 1,0$ м отпад деревьев в постпирогенном насаждении колеблется в пределах 3–26 %, что не является критическим для дальнейшего развития древостоя. В практике лесного хозяйства, согласно правилам пожарной безопасности в лесах Украины, такие насаждения не позднее месяца после пожара обязательно должны быть отведенными под санитарные рубки, однако согласно разработанного норматива такая практика должна быть изменена.

Показатель встречаемости подроста сосны обыкновенной на пробных площадях после низового пожара средней и сильной интенсивности в среднем выше и колеблется в пределах 75–100 %. Такие значения показателя наблюдаются преимущественно в насаждениях возрастом 62–74 года, полнотой 0,63–0,97 в типах лесорастительных условий A_{1-2} и B_2 . На основании вышеуказанного показателя встречаемости, характер размещения экземпляров природного возобновления сосны на площади можно охарактеризовать как равномерное.

Количество экземпляров здорового однолетнего возобновления сосны на горельнике составляет 36 %, двухлетнего – 53 %, трехлетнего – 57 % и четырехлетнего – 67 % соответственно. На контроле количество здоровых экземпляров увеличивается, начиная с восьми лет и выше (81–100 %). Следует отметить, что у молодого поколения деревьев на горельнике с возрастом уменьшается количество ослабленного подроста, начиная с двух лет и выше с 53 до 21 %. На основе экспериментального материала установлено статистически значимые корреляционные связи жизнеспособности подроста с его высотой, возрастом и едатопом.

С целью детального изучения влияния пирогенного фактора на живой напочвенный покров, пробные площади разделены на три группы по интенсивности пожара. При анализе флористического состава напочвенного покрова после пожара низкой интенсивности обнаружено, что обилие и видовой

состав как травяного, так и мохового ярусов через 4 года после пожара не изменился. После низового пожара средней и высокой интенсивности происходят существенные изменения во флористическом составе и структуре напочвенного покрова. В частности, отмечено повышение (93 %) проективного покрытия травянисто-кустарничкового яруса и снижение покрытия мохово-лишайникового яруса на 99 %.

Анализ ценотической структуры живого напочвенного покрова на горельнике и контроле свидетельствует, что полное восстановление ценотической структуры происходит после низового пожара низкой интенсивности. Вследствие низового пожара средней интенсивности наблюдается снижение участия сивльвантов до 35 %, а также отмечено появление пратантов и рудерантов. После низового пожара высокой интенсивности происходит снижение участия сивльвантов до 56 %, а доля рудеральных видов составляет около 19 %. Таким образом интенсивность пожара является ключевым фактором, который обуславливает коренные изменения в структуре фитоценоза.

Ключевые слова: особенно крупный лесной пожар, древостой, естественное возобновление, живой напочвенный покров, лесные горючие материалы, горимость, интенсивность пожара, категория состояния, дефолиация кроны, жизнеспособность, встречаемость, константность, доминирование, синфитоиндикация.

ANNOTATION

Gumenyuk V. V. Postfire Scots Pine forests restoration of The Poliski Nature Reserve. – The Manuscript.

Thesis for awarding scientific degree of candidate of agricultural sciences in specialty 06.03.03 – silvics and silviculture. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2016.

The thesis deals with the features postfire recovery Pine forests of Polissya Nature Reserve, including the stand, vegetation, natural regeneration and forest fuels.

In the thesis are analyzed features forest fire history in the region of investigation; the stand features after fire recovery and vegetation in pine forests of Polissya Nature Reserve after ground fires of varying intensity; investigated after fire dynamics of natural regeneration of pine on ground fire; a standards for the prediction of apostasy trees in pine plantations after ground fires of varying intensity; an impact assessment is especially great fire in storage and fractional composition of forest combustible materials;

Key words: megafire, forest stand, natural regeneration, ground vegetation, forest fuel, fire history, fire intensity, state category, crown defoliation, viability, occurrence frequency, constancy, dominance, synphytoindication.