

стверджувати з повною впевненістю проведених спостережень недостатньо. Але, ми сподіваємось, що дана робота в цьому напрямку буде продовжуватись, а данні дослідження мають попередній пошуковий характер незалежно, що такі дані у літературі мають фрагментарний характер.

Список використаних джерел

1. Голубинский И. Н. Биология прорастания пыльцы. К.: Вид-во «Наук. думка», 1974. 236 с.
2. Криницький Г. Т. Морфологічні основи селекції деревних рослин: автореф. дис ... д-ра біол. наук 06.03.01. Київ, 1993. 46 с.
3. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 1988. 271 с.
4. Ткач В. П., Лось С. А., Терещенко Л. І., Торосова Л. О., Висоцька Н. Ю., Волосянчук Р. Т. Сучасний стан і перспективи розвитку лісової селекції в Україні. *Лісівництво та агролісомеліорація*. 2013. Вип. 123. С. 3-12.
5. Шлончак Г. А., Шлончак Г. В., Базан Т. А. Якість пилюки та насіння інтродукованих видів сосни в умовах ДП «Київська ЛНДС». *Лісівництво і агролісомеліорація*. Х.: УкрНДЛГА. Вип. 135. 2019. С. 79-84.

УДК: 681.518:630.43

Левченко Валерій Борисович, канд. с.-г. наук, доцент
Ганжалюк Таїса Сергіївна, спеціаліст вищої категорії,
викладач-методист,
Левандовська Ольга Василівна, студентка
Рекуненко Олександр Олександрович, студент
Малинський фаховий коледж
Ткаченко Марина Володимирівна, здобувач
Національний університет біоресурсів і природокористування України

ПІРОГЕНЕЗ ЛІСІВ ПОЛІСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА В АСПЕКТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ЗОНИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Анотація. Проаналізовано пірологічний стан та основні чинники, що впливають на формування, накопичення, ступінь горимості лісових горючих матеріалів в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника. Вивчено основні складові лісового пірогенезу соснових деревостанів в лісорослинних умовах A_{1-2} , B_{1-2} Поліського природного заповідника. Встановлено, що кліматичні, антропогенні, ентомологічні, фітопатологічні чинники є основними причинами виникнення лісових пожеж в умовах Поліського природного заповідника з подальшим їх поширенням і переходом у масштабні. Доведено, що погодно-кліматичні складові є основними і суттєво впливають на стан пожежної небезпеки в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника. Встановлено, що у лісових едатопах A_{1-2} , B_{1-2} Перганського природоохоронного

науково-дослідного відділення які в квітні-травні 2020 року на 95 % були знищені масштабними лісовими пожежами основною причиною їх виникнення і поширення на значні території було неконтрольоване накопичення лісових горючих матеріалів з високим рівнем здатності до горіння і незадовільний лісопатологічний стан лісів внаслідок активної біологічної діяльності вершинного, шести зубчатого короїдів, відпаду деревостану через патогенез збудників кореневої та соснової губки. Визначено, що погодні та кліматичні фактори, зниження рівня ґрунтових вод з 60 см до 1 м. 60 см в квітні-травні 2020 року призвели до зневоднення кореневмісного шару соснових деревостанів, формування горимоспроможних лісових горючих матеріалів і як наслідок на 30 % його всихання. Доведено, що систематичний вплив нетипових для зони Центрального Полісся України і Житомищини зокрема погодних умов, а також комплексу кліматичних чинників на деревостани сосни звичайної в умовах Перганського природоохоронного науково-дослідного відділення Поліського природного заповідника спонукали до виникнення пірогенно-небезпечної ситуації у квітні-травні 2020 року, що стало наслідком виникнення, розповсюдження та поширення лісової пожежі на значні території заповідника і переходу її у масштабну.

Ключові слова: ліс, пірогенез, погода, клімат, лісові горючі матеріали, пожежа.

Abstract. The pyrological state and the main factors affecting the formation, accumulation, degree of combustibility of forest materials in the conditions of nature protection research departments of the Polissky Nature Reserve were analyzed. The main components of forest pyrogenesis of pine stands in forest vegetation conditions A_{1-2} , B_{1-2} of the Polissky Nature Reserve were studied. It has been established that climatic, anthropogenic, entomological, and phytopathological factors are the main causes of forest fires in the conditions of the Polissky Nature Reserve with their subsequent spread and transition to large-scale ones. It has been proven that the weather and climate components are the main ones and significantly affect the state of fire danger in the conditions of nature protection research departments of the Polissky Nature Reserve. It was established that in the forest edatopes A_{1-2} , B_{1-2} of the Pergana nature protection research department, which in April-May 2020 were 95 % destroyed by large-scale forest fires, the main reason for their occurrence and spread to large areas was the uncontrolled accumulation of forest combustible materials with high level of burning capacity and unsatisfactory forest pathology condition of forests as a result of active biological activity of the apex, six-toothed bark beetle, fall of the tree stand due to the pathogenesis of the causative agents of root and pine fungus. It was determined that weather and climatic factors, a decrease in the groundwater level from 60 cm to 1 m. 60 cm in April-May 2020 led to the dehydration of the root layer of pine stands, the formation of combustible forest fuel materials and, as a result, its drying by 30 %. It has been proven that the systematic impact of weather conditions atypical for the Central Polissia zone of Ukraine and Zhytomyr Oblast, as well as a complex of

climatic factors, on stands of Scots pine in the conditions of the Pergana nature protection research department of the Polissky Nature Reserve led to the occurrence of a pyrogenic and dangerous situation in April-May 2020, which was a consequence of the occurrence, spread and spread of a forest fire on large areas of the reserve and its transition to a large-scale one.

Key words: forest, pyrogenesis, weather, climate, forest combustible materials, fire.

Постановка проблеми. Лісові пожежі наносять значні збитки лісовому господарству України, вони знищують лісосировинну базу, знижують продуктивність лісостанів, санітарно-гігієнічні, захисні, оздоровчі, рекреаційні, водоохоронні та інші екологічні функції лісів [1-3]. Вогонь у лісі негативно впливає на багаторічні деревостани, середньовікові і молоді насадження, аж до ступеня припинення їх росту й повного знищення деревних насаджень, лісової фауни та ґрунтових мікроорганізмів. Окрім того, лісові пожежі змінюють показники трофності лісових ґрунтів [3]. На перспективу у зв'язку з глобальним потеплінням клімату очікується зростання пожежної небезпеки в лісах України.

На сьогоднішній день лісові неконтрольовані пожежі в Україні є одним із найнебезпечніших для сучасних лісів чинником, що призводить до їх ослаблення, деградації, або цілковитого знищення [6]. Лісова пожежа виникає за рахунок наявності запасу, складу та готовності до горіння горючої сировини як в лісах зони Центрального Полісся, так і Житомирщини зокрема, до загоряння [4]. Значно підвищують, або зменшують ризики лісових пожеж на сучасному етапі і кліматичні умови. У зв'язку з прогнозуванням науковцями світового рівня на найближчі 30-50 років глобального потепління та зміни клімату в бік його посушливості для України, підвищуються реальні ризики зростання кількості й масштабів неконтрольованих, катастрофічних лісових пожеж [5, 7]. На сьогоднішній день у багатьох регіонах світу останнім часом спостерігається зростаюча тенденція до поширення надзвичайно сильних неконтрольованих лісових пожеж [7]. У більшості випадків природні пожежі охоплюють великі регіони і навіть значні частини окремих континентів, наносячи людському суспільству та довкіллю величезних матеріальних збитків та призводячи до численних людських жертв [10]. В лісорослинних умовах Житомирського Полісся щорічно виникає 150-240 лісових пожеж на площі понад 260 га, водночас середня площа однієї ліквідованої лісової пожежі за останні 30 років є досить значною і становить 16 га. [9, 12]. Особливо нищівними були пожежі квітня-травня 2020 року, коли лише в умовах Поліського природного заповідника було знищено 785,4 га. заповідних лісів та велика кількість дикої фауни [3, 5, 8]. Такі масштаби лісових пожеж призвели до колосальних матеріальних збитків у лісогосподарському секторі економіки України [13-15]. Від'ємна демографічна динаміка, активна фаза ведення бойових дій на окупованих територіях Півночі, Півдня, Сходу України та недостатнє

фінансування лісової галузі спричинили негативні соціально-економічні наслідки, які в комплексі з несприятливими проявами глобальних змін клімату загострили пірологічну проблему на території України [8-12]. Дослідженням лісових пожеж займалися такі всесвітньовідомі вчені як: І. С. Мелехов, В. Г. Нестеров, Н. М. Горшенін, М. П. Курбатський, В. В. Усеня. В Україні питаннями лісової пірології на сьогоднішній день займаються: С. В. Зібцев, П. П. Яворовський, В. П., Ворон, С. Г. Сидоренко, А. Д. Кузик, В. Б. Левченко [3, 5]. Водночас, дослідження динаміки розповсюдження і факторів виникнення масштабних лісових пожеж в зоні Центрального Полісся і зокрема на територіях Поліського природного заповідника носять лише фрагментарний характер [10, 12, 15]. Беручи до уваги те, що людський фактор є визначальним чинником який впливає на параметри горіння та поведінку лісових пожеж, визначення їх обсягів та розподілу в лісових насадженнях залежно від їхнього віку та типів лісорослинних умов, а також дослідження просторово-часових тенденцій виникнення лісових пожеж, є надзвичайно актуальними і необхідним [12].

Метеорологічні умови, тип погоди, кліматичні зсуви є основними факторами, що визначають пожежну небезпеку і регламент роботи лісових протипожежних служб Житомирської області. Температура повітря та ґрунту, вологість повітря, кількість опадів, швидкість вітру впливають на умови виникнення пожежі, швидкість та особливості її розвитку, стратегію і тактику її гасіння [4]. В Україні для оцінки пожежної небезпеки за умов погоди обраховують комплексний показник, що враховує температуру повітря, точку роси та кількість днів після дощу, на основі якого визначають клас пожежної небезпеки за умовами погоди. Протягом останніх десятиріч метеорологічні умови як на нашій планеті, так і в Україні, суттєво змінюються [9, 10, 15]. Багато із зареєстрованих змін кліматичної системи, за даними Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК), є нетиповими або безпрецедентними за останні десятиріччя чи навіть тисячоліття [7]. Вони мають переважно негативні наслідки і будуть посилюватись у майбутньому. Такі зміни не лише становлять загрозу для життя та здоров'я людей, а й зумовлюють значні та незворотні зміни в лісових і болотних екосистемах як зони Центрального Полісся так і Житомирщини зокрема [1-7].

Результати досліджень. Протягом останніх десятиріч в зоні Центрального Полісся України, Житомирської області і Поліського природного заповідника на території якої він знаходиться зокрема, відзначається стійка тенденція до збільшення кількості лісових пожеж та їх площі. В умовах Перганського природоохоронного науково-дослідного відділення Поліського природного заповідника, де нами в 2017-2022 років проводиться комплекс лісопірогенних досліджень було встановлено значні погодні та кліматичні відхилення від багаторічної норми, що в свою чергу спонукало до утворення та накопичення готових до горіння лісових горючих матеріалів. Нами було встановлено, що за

останні 30 років (1992-2022 рр.) річна кількість лісових пожеж в Житомирській області зростає у 3,6 рази, а на території Поліського природного заповідника в 2,4 рази. Зона Центрального Полісся України за рахунок специфічних лісорослинних умов в яких переважають стиглі та пристигаючі сосняки А₁₋₂, В₁₋₂ належить до територій, що є найбільш небезпечною в аспекті лісових пожеж. Зауважимо, що в 2006, 2010, 2016, 2017, 2019, 2020 рр., ліси Житомирщини на 70 % були пройдені масштабними лісовими пожежами різної інтенсивності, а в умовах Перганського, Копищанського, Селезівського природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, протягом пожеже-небезпечного періоду 2020-2022 років осередки надземних, підземних та верхових лісових пожеж через вмисні підпали, бойові дії внаслідок російської агресії, погодні та кліматичні фактори виникали в 3-5 разів частіше, а масштаби їх поширення на територіях лісокористувань заповідника становила 82,4 % площі. Аналіз кореляційного зв'язку між погодними умовами та пожежною небезпекою в лісорослинних умовах А₁₋₂, В₁₋₂ Поліського природного заповідника на прикладі Перганського природоохоронного науково-дослідного відділення підтвердив нашу робочу гіпотезу про наявність безпосереднього впливу кліматичних факторів на кількість, інтенсивність та площу поширення лісових пожеж за період з 2020 по 2022 роки (табл. 1, 2).

Таблиця 1

**Вплив погодних умов на кількість лісових пожеж
в умовах лісокористувань Поліського природного заповідника
(середнє за 2020-2022 рр.)**

Метео-кліматичний фактор	Кореляція			Регресія
	r (x, y)	t	p	
середня температура жовтня	0,60	3,0	0,008	$y = 42,1x - 257$
максимальна температура жовтня	0,59	2,9	0,010	$y = 36,9x - 367$
мінімальна температура жовтня	0,55	2,7	0,017	$y = 39,1x - 67$
мінімальна температура вересня	0,58	2,8	0,012	$y = 45,5x - 354$
середня температура вересня	0,53	2,5	0,022	$y = 37,4x - 438$
максимальна температура вересня	0,45	2,0	0,061	$y = 24,9x - 355$
кількість днів без опадів	0,44	1,9	0,079	$y = 4,1x - 104,3$
макс. тривал. періоду з $1 T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$	0,40	1,8	0,096	$y = 2,5x + 187$
число днів з грозою	0,40	1,8	0,096	$y = 2,5x + 100$
максимальна за добу швидкість вітру	0,39	1,7	0,113	$y = 5,1x + 142$
середня за рік температура	0,25	1,0	0,312	$y = 34,3x - 167$
середня за літо температура	0,23	0,9	0,367	$y = 21,9x - 293$
кількість опадів у липні	-0,40	-1,7	0,104	$y = -1,4x + 270$
кількість опадів за рік	-0,40	-1,8	0,098	$y = -0,4x + 397$
середня за рік відносна волога	-0,41	-1,8	0,092	$y = -7,9x + 709$
кількість опадів за літо	-0,47	-2,1	0,051	$y = -0,9x + 328$
НІР ₀₅	1,24	1,27	1,32	$1,24 \pm 0,2$

Примітка: $T_{\max}$ – максимальна за добу приземна температура повітря;

$R(x, y)$ – коефіцієнт кореляції;
 t – коефіцієнт Стюдента;
 p – значимість коефіцієнту кореляції.

Аналіз отриманих нами результатів досліджень показав, що всі пожежі за моніторинговий період значною мірою залежать від температурного режиму, кількості вологи, накопичення лісових горючих матеріалів, активності біологічної діяльності шкідників, зокрема вершинного та шестизубчатого короїдів, всихання соснових деревостанів від збудників кореневої та соснової губки, а також швидкості, напрямку вітру.

Таблиця 2

**Вплив кліматичних змін на площу лісових пожеж в
лісорослинних умовах Поліського природного заповідника
(середнє за 2020-2022 рр.)**

Метео-кліматичний фактор	Кореляція			Регресія
	$r(x, y)$	t	значимість, p	
максимальна тривалість періоду з $T_{\text{макс}} \geq 25^\circ\text{C}$	0,76	4,7	0,000	$y = 0,2x - 7,3$
кількість днів з $T_{\text{макс}} \geq 30^\circ\text{C}$	0,68	3,7	0,002	$y = 0,25x - 6,0$
кількість днів з $T_{\text{макс}} \geq 25^\circ\text{C}$	0,60	3,0	0,008	$y = 0,2x - 13,2$
середня за літо максимальна температура	0,61	3,1	0,007	$y = 2,5x - 67$
середня за літо температура	0,59	2,9	0,011	$y = 2,9x - 62$
середня за літо мінімальна температура	0,52	2,5	0,026	$y = 3,1x - 51$
середня температура жовтня	0,58	2,8	0,012	$y = 2,0x - 19$
мінімальна температура жовтня	0,55	2,7	0,017	$y = 2,0x - 10,7$
максимальна температура жовтня	0,55	2,6	0,018	$y = 1,7x - 23,7$
кількість днів з атмосферною посухою ($T_{\text{макс}} \geq 25^\circ\text{C}$ і $U \leq 50\%$)	0,60	3,0	0,008	$y = 0,4x - 2,9$
середня за рік максимальна температура	0,55	2,6	0,019	$y = 3,4x - 50$
середня за рік температура	0,51	2,4	0,030	$y = 3,5x - 35$
середня за рік мінімальна температура	0,44	1,9	0,070	$y = 3,0x - 17$
середня за весну максимальна температура	0,50	2,3	0,034	$y = 2,6x - 37$
середня за весну температура	0,45	2,0	0,062	$y = 2,8x - 29$
кількість днів з туманом	-0,39	-1,7	0,109	$y = -0,24x + 12$
кількість опадів за літо	-0,41	-1,8	0,094	$y = -0,04x + 8,4$
кількість опадів у липні	-0,41	-1,8	0,088	$y = -0,07x + 6,4$
середня за рік відносна волога	-0,58	-2,9	0,011	$y = -0,6x + 39$
НІР ₀₅	1,14	1,17	1,22	$1,17 \pm 0,2$

$T_{\text{макс}}$ – максимальна за добу приземна температура повітря;
 U – відносна вологість;
 $r(x, y)$ – коефіцієнт кореляції;
 t – коефіцієнт Стюдента;

Ми встановили, що вплив температури повітря на формування, накопичення лісових горючих матеріалів, а також ризику виникнення лісової пожежі навіть за умов вмісного підпалу або бойових дій з боку окупаційних військ є визначальним. В результаті аналізу досліджень нами було встановлено, що найбільше він впливає на площу лісової пожежі і значно менше на їх кількість.

Таким чином ми встановили, що за період з 2020 по 2022 рр. на територіях лісокористування Поліського природного заповідника протягом року спостерігалось 16-20 випадків лісових пожеж. Встановлено, що їх кількість, вид та масштаби залежать від температури повітря ($r = 0,60-0,45$). Визначено, що чим вищою є середня мінімальна та максимальна температура повітря протягом пожеже-небезпечного періоду, тим більша кількість пожеж виникає. При цьому збільшення середньомісячної температури повітря на 1°C зумовлює зростання ризику виникнення лісової пожежі на 20 %.

Одним зі складових факторів, що сприяли виникненню та поширенню лісових пожеж в умовах лісокористувань Поліського природного заповідника є накопичення лісових горючих матеріалів та активна біологічна діяльність шкідників, зокрема вершинного та шести зубчатого короїдів, збудників хвороб – кореневої губки сосни звичайної, соснової губки. Результатами досліджень (таблиця 3) встановлено, що пошкодження пристигаючих та стиглих деревостанів в лісорослинних умовах А₁₋₂, В₁₋₂ вершинним, шести зубчатым короїдами, ураження збудниками кореневої, соснової губки значно ослаблюють пірогенну стійкість соснових деревостанів в умовах Селезівського, Копищанського, Перганського природоохоронних науково-дослідних відділень.

Таблиця 3

Пірогенез лісокористувань природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника під впливом найбільш розповсюджених шкідників і хвороб (середнє за 2020-2022 роки)

Відділення заповідника	Середній запас лісових горючих матеріалів, (ЛГМ), т/га					Кореляція, $r(x, y)$
	вершинний короїд,	шести зубчатий короїд	коренюка губка	соснова губка	кількість лісових пожеж, шт.	
Селезівське	16,4	9,2	12,4	11,2	9	0,52
Перганське	23,5	13,2	16,4	10,3	21	0,64
Копищанське	15,3	8,4	13,2	10,2	12	0,41
НІР ₀₀₅	0,21	0,24	0,26	0,32	0,23	0,18

Таким чином ми встановили, що активна біологічна діяльність найбільш поширених в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень

Поліського природного заповідника шкідників та хвороб є досить значною складовою для накопичення достатньої кількості лісових горючих матеріалів, що в свою чергу при дефіциті вологи і високій температурі повітря протягом пожеже-небезпечного періоду в подальшому на 50 % збільшить ризик виникнення лісових пожеж.

Висновки:

1. Встановлено, що погодні та кліматичні умови на території Поліського природного заповідника в результаті зміни в бік потепління та дефіциту вологи сприяють виникненню та поширенню лісових пожеж.

2. Нами встановлено, що за останні 30 років (1992-2022 рр.) річна кількість лісових пожеж в Житомирській області зросла у 3,6 рази, а на території Поліського природного заповідника в 2,4 рази.

3. Визначено, що за період з 2020 по 2022 рр. на територіях лісокористування Поліського природного заповідника протягом року спостерігалось в середньому близька 16-20 випадків лісових пожеж.

4. Встановлено, що кількість, вид, масштаби лісових пожеж в зоні Центрального Полісся України і Поліського природного заповідника зокрема, залежать від температури повітря (коефіцієнт кореляційної залежності становить $r = 0,60-0,45$).

5. Доведено, що чим вищою є середня мінімальна та максимальна температура повітря протягом пожеже-небезпечного періоду, тим більша кількість пожеж виникає.

6. Ми довели, що збільшення середньомісячної температури повітря на 1°C зумовлює зростання ризику виникнення лісових пожеж в Поліському природному заповіднику на 20 %.

7. Визначено, що активна біологічна діяльність найбільш поширених в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника шкідників та хвороб є досить значною складовою для накопичення достатньої для горіння кількості лісових горючих матеріалів, що в свою чергу при дефіциті вологи і високій температурі повітря протягом пожеже-небезпечного періоду в подальшому на 50 % збільшить ризик виникнення лісових пожеж.

8. За результатами досліджень ми передбачаємо, що до середини 2025 року кількість лісових пожеж в умовах лісокористувань Поліського природного заповідника і зони Центрального Полісся зокрема, може збільшитись в 4 рази.

Список використаних джерел

1. Аткина Л. И., Стародубцева Н. И. Лесная подстилка в сосновых лесах Джабык-Карагайского бора. Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты: Материалы международной научно-практической конференции. Харьков. 21-22 марта 2005. С. 46-49.

2. Белякин А. А., Волокитина А. В. Картографирование растительных горючих материалов в южном Прибайкалье на основе пирологической характеристики типов леса. Пожары в лесных экосистемах: Материалы Всеукраинской конф. с междунар. участием. Харьков. 2008. С. 37-39.
3. Болонева М. В. Динамика фракционного состава подстилок при пирогенных сукцессиях в сосновых лесах Прибайкалья Пожары в лесных экосистемах Литвы: Материалы конф. с междунар. участием. Таллин. 2008. С. 98-100.
4. Волеваха Н. М. Гидрометеорологические условия мелиорированных территорий. Киев: Науч. Мысль. 1974. С. 56-68.
5. Волокитина А. В., Софронов М. А., Карнаухова Е. А. Прогнозирование поведения и последствий низовых пожаров с использованием крупномасштабных карт растительных горючих материалов. Лесное хозяйство. 2004. №1. С. 41-43.
6. Волокитина А. В. Интенсивность горения напочвенного покрова в зависимости от его послонного влагосодержания. Прогнозирование лесных пожаров. Одесса: Одесская Политехника. 1978. С. 68-86
7. Волокитина А. В. М. А. Софронов Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Науч. изд. Харьков: Лыбидь, 2002. 314 с.
8. Волокитина А. В., Софронов М. А. Пространственное варьирование вида и запаса мохово-лишайникового покрова и подстилки в северных лиственничниках. Хвойные бореальной зоны. 2008. 3 (4). С. 209-215.
9. Гуржій Р. В., Яворовський П. П. Запаси наземних лісових горючих матеріалів в лісах Київського Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. Харків 2018. Вип. 132. С. 124-130.
10. Гуржій Р. В. Динаміка горимості лісів Київського обласного управління лісового і мисливського господарства (ОУЛМГ). Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Здоров'я лісів, екосистемні послуги та лісові продукти для суспільства» Національний університет біоресурсів і природокористування України, 6-7 квітня. Київ, НУБіП України, 2017. С. 66-67.
11. Зібцев С. В. Яворовський П. П., Левченко В. В., Сендонін С. Є., Токарева О. В., Коновальчук В. К., Гуменюк В. В. Лісова пірологія: підручник. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В. М. 2016. 331 с.
12. Зібцев С. В., Миронюк В. В., Богомолів В. В., Сошенський О. М., Гуменюк В. В., Корень В. А. Перехід від проекту протипожежного впорядкування до системи підтримки прийняття рішень в рамках інтегрованої системи управління пожежами. «Проблеми розвитку лісової таксації, лісовпорядкування та інвентаризації лісів» (6-8 грудня 2018 року). Київ. 2018. С. 58-60.
13. Кузик А. Д. Про взаємний вплив лісових пожеж і ґрунтів. Науковий вісник НЛТУ України. 2009. 19.4, С. 106-111.
14. Кузик А. Д. Пожежонебезпечні властивості лісових горючих матеріалів. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.4. С. 214-218.
15. Курбатский Н. П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов. Вопросы лесной пирологии. Харьков: Кальвария. 1970. С. 5-58.
16. Levchenko V. B., Shulga I. V., Zalevsky R. A., Bezverkha L. M. Influence of climatic conditions on the state of fire hazard in forest edatopas of Zhytomyr Oblast Department of Forestry and Hunting and forecast of changes in climatic conditions for the period up to 2050. // V. B. Levchenko, I. V. Shulga, R. A. Zalewski, L. M. Bezverkha / Innovative solutions in modern science – 2018. № 8 (27), (DOI 10.26886/2414-634X.8(27)2018.3). Dubai-2018. pp. 27-53.
17. Деклараційний патент. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір за № 95983 від 11.02.2020 року. Комп'ютерна програма «Прогнозування стану пожежної небезпеки в лісах України на Digital-платформі». Автор(и) Яворовський Петро Петрович,