

Л. Д. Романчук, В. І. Устименко\*

*Поліський національний університет, Житомир, Україна*

\*Відповідальний автор: vovaustimenko@gmail.com

**ВПЛИВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА ЛІСОВІ РОСЛИННІ КОМПЛЕКСИ,  
ЗАБРУДНЕНІ РАДІОНУКЛІДАМИ**

Серед найбільш актуальних загроз існуванню лісових рослинних комплексів природно-заповідного фонду є пірогенна небезпека, що посилюється через зміну природного гідрологічного режиму та глобальних змін клімату. Руйнівні наслідки пірогенної небезпеки наразі важко оцінити повною мірою. У статті висвітлено результати дослідження стану лісових рослинних комплексів та ґрунту природного заповідника «Древлянський» Житомирської області після пожеж. Представлено результати натурного обстеження насаджень, агрохімічний та радіологічний аналіз показників ґрунту. Проведені дослідження свідчать про зміну складу лісових рослинних комплексів, скорочення кількості видів трав'янистих рослин та зменшення площі мохово-лишайникового покриву. Фізико-хімічні та агрохімічні показники ґрунту варіюються значною мірою. Для пошкоджених ділянок характерним є підвищення обмінної кислотності, зниження вмісту гумусу, лужногідролізованого азоту, рухомого фосфору та мікроелементів. На даних ділянках відмічено незначне збільшення вмісту важких металів у ґрунті, однак, показники не перевищували гранично допустимі концентрації. Для оцінки радіаційної ситуації після пожеж на території природного заповідника визначено показники щільності забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ . Ректа ікроелементів. омендовано комплекс заходів для покращення ефективності роботи об'єктів природно-заповідного фонду. Дотримання рекомендацій сприятиме підвищенню екологічної стійкості лісових рослинних комплексів та дасть змогу мінімізувати виникнення пожеж та їхніх наслідків.

*Ключові слова:* природно-заповідний фонд, видовий склад, рослинний покрив, агрохімічні показники, важкі метали, щільність забруднення, радіонукліди.

**1. Вступ**

Об'єкти природно-заповідного фонду (ПЗФ) є особливо цінними. Вони створюються з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонових моніторингу навколишнього природного середовища. Враховуючи високу цінність даних об'єктів, актуальним є вивчення факторів ризику їхньому існуванню та стійкості.

Дослідження впливу лісових пожеж на лісові рослинні асоціації розпочалися ще наприкінці 19 ст., у 1898 р. А. Граков зазначав, що склад рослинності на згарищах залежить від часу після пожежі та її інтенсивності [1]. Так, ще на початкових етапах дослідження проблематики лісових пожеж М. Е. Ткаченко та В. Н. Сукачев відзначали важливість лісових пожеж для збереження сосняків [2, 3]. Пізніше, автори досліджень, проведених в об'єктах ПЗФ Алтай-Саянського екорегіону [4] та Середнього Приангар'я [5], відзначили, що пожежі можуть мати позитивний та негативний вплив на цінність та рівень біорізноманіття лісів.

Лісові пожежі високої інтенсивності призводять до пошкодження компонентів лісу, зокрема

цінних видів флори і фауни [6], що ставить під загрозу виконання основної задачі об'єктів ПЗФ.

Динаміка живого надґрунтового покриву після пожеж істотно відрізняється в різних типах лісу [7, 8]. Зокрема, дослідження в підзоні середньої тайги показали, що у вологих типах лісорослинних умов трав'яно-моховий покрив відновлюється через 3 - 5 років, а у сухих – через 10 - 15 років. Дослідження на території Білорусі свідчать, що висока трофність ґрунтів сприяє формуванню ряснішого і різноманітнішого видового складу травостою після пожежі [9].

Лісові пожежі істотно впливають на екологію лісів, формування кругообігу вуглецю, тепловий режим ґрунту, фізико-хімічні характеристики [10], зменшення вмісту органічної речовини в ґрунті, забруднення поверхневих і підземних вод [11], а також завдають великої шкоди рослинному і тваринному світу. Через пожежі різко погіршуються умови природного відновлення лісів, вони призводять до утворення пустирів, зміни хвойних порід деревостанами малоцінних листяних порід. До того ж, на відміну від сільськогосподарських культур, ліс росте дуже повільно, і новий ліс на місці згарищ, за умов відсутності повторних пожеж, сформується через 80 - 100 років. Особливо

важкі наслідки лісові пожежі завдають у районах поширення нестійких екосистем. Лісові пожежі погіршують також санітарний стан лісів, знижують стійкість їх до пошкоджень шкідниками і хворобами [11].

Внаслідок лісових пожеж відбувається забруднення навколишніх територій важкими металами, які можуть повільно потрапляти в рослини, організми тварин і людей через повітря, воду, харчовий ланцюг протягом певного періоду часу [12]. Дослідженнями [13, 14] встановлено, що накопичення кадмію в рослинах має особливе значення, оскільки він осідає високими концентраціями на листі, яке може бути використано для харчування тварин або людей.

Доведено, що забруднення важкими металами ґрунту створило значний вплив на структуру співтовариства мікроорганізмів [15, 16]. Відповідно до висновків досліджень, негативні кореляції спостерігалися між ґрунтовою мікробною біомасою і концентраціями важких металів. Забруднення важкими металами ґрунтів негативно впливає на процеси нітрифікації, що в свою чергу, впливає на мінералізацію. Зі збільшенням концентрації важких металів процеси нітрифікації знижуються [17].

За останні 40 років на всій території України в середньому за рік виникало від 792 до 6743 пожеж, а площа становила від 286 до 14691 га. Особливо висока небезпека в північному та східному регіонах України, де щорічно буває в середньому 37 і 40 % усіх лісових пожеж відповідно [18].

У 2019 р. в лісах України ліквідовано 1261 пожежу на площі 1065 га, зокрема верхових – на 52 га. Збитки від лісових пожеж становили 6,7 млн грн. [19].

На початку 2020 р. було зафіксовано декілька масштабних лісових пожеж у Чорнобильській та Житомирській зонах. За даними Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства площа пожеж становила 43200 га. З них близько 3000 га – це територія природного заповідника (ПЗ) «Древлянський», на території якого і проводилися дослідження.

Комплексна оцінка впливу пожеж на лісові рослинні асоціації ПЗ «Древлянський» в умовах радіоактивного забруднення допоможе сформувати унікальну базу даних, яка в подальшому дасть змогу краще зрозуміти процеси та явища трансформації природних комплексів унаслідок лісових пожеж різних типів. Що, в свою чергу, дасть змогу оптимізувати заходи по ліквідації наслідків та мінімізувати фінансові затрати на них.

Метою дослідження є натурне обстеження та теоретико-методологічне обґрунтування впливу пожеж на стан лісових рослинних комплексів та

ґрунту, розробка пропозицій щодо його мінімізації. Поставлена мета обумовила виконання таких завдань: порівняти склад рослинних асоціацій до та після пожеж, визначити показники відновлення рослинного покриву, виміряти фізико-хімічні показники ґрунту, провести радіологічне обстеження дослідних ділянок, розробити пропозиції щодо мінімізації впливу пожеж на лісові рослинні комплекси.

Об'єктом дослідження є вплив пожеж на склад лісорослинних комплексів, агрохімічні, фізико-хімічні та радіологічні показники ґрунту на території ПЗ «Древлянський».

Предметом дослідження є сукупність рослинних угруповань та едафічних характеристик ПЗ «Древлянський».

## 2. Матеріали і методи дослідження

Дослідження проводилися на території ПЗ «Древлянський», що охоплює значні площі лісів, сильно забруднених радіонуклідами, а саме зони безумовного (обов'язкового) відселення та зони гарантованого добровільного відселення. У весняний період 2020 р. на території заповідника сталися значні лісові пожежі, що за попередніми оцінками пошкодили або повністю знищили рослинні комплекси на площі понад 3000 га та створили загрозу вторинного радіаційного забруднення навколишніх територій.

Для дослідження було обрано ділянки з найбільш поширеними на території заповідника типами лісорослинних умов (ТЛУ): сухі бори, свіжі бори, сухі субори та свіжі субори.

Дослідні ділянки, пошкоджені низовими пожежами:

1 ТЛУ – В2 (свіжий субір). Ділянка знаходиться за координатами (51.15688, 29.24702);

2 ТЛУ – В1 (сухий субір). Координати ділянки (51.18844, 29.23822);

3 ТЛУ – А2. Координати ділянки (51.1624, 29.25067).

Дослідні ділянки, пошкоджені верховими пожежами:

4 ТЛУ – В2. Координати ділянки (51.15303, 29.25439);

5 ТЛУ – А2 (свіжий бір). Координати ділянки (51.20564, 29.25372);

6 ТЛУ – А1 (сухий бір). Координати ділянки (51.19779, 29.25366).

Основою дослідження стали загальнонаукові методи: описовий, спостереження, порівняння та статистичний. Спеціальними методами досліджень були: польовий та лабораторний.

Дослідження рослинних угруповань з використанням польового методу здійснювалося за стандартною методикою [20]. Також оцінювалась

участь видів у кожній рослинній спільноті з урахуванням відсотка проективного покриття за Тарасовим [21]. Для оцінки частоти трапляння/покриття виду використовувалася шкала Друде, що містить такі символи: Soc (socialis) – домінуючий вид рослин, частота трапляння/покриття перевищує 90 %; Cop3 (copiosus) – численний вид рослин, частота трапляння/покриття до 80 %; Cop2 – вид рослин, представлений численними екземплярами, частота трапляння/покриття до 20 %; Cop1 – частота трапляння/покриття до 4 %; Sp (sparsus) – мала кількість екземплярів рослин, частота трапляння/покриття близько 0,8 %; Sol (solitarius) – мізерні екземпляри рослин, частота трапляння/покриття не перевищує 0,16 %; Un (unicum) – окремий екземпляр рослини.

Статистичний метод дав змогу провести облік лісових рослинних комплексів у переважаючих лісорослинних умовах на 6 типових ділянках площею 100 м<sup>2</sup>. Первинна інвентаризація видового складу лісів відбувалася протягом травня - серпня 2019 р., сезон проведення облікових робіт після пожеж – червень - липень 2020 р.

Облік природного поновлення деревних порід на згаданих ділянках передбачав визначення трапляння і густоти. Методика визначення густоти природного поновлення здійснювалася згідно з інструкцією технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів та використанням показника трапляння [22].

Відбір проб ґрунту для визначення фізико-хімічних показників здійснювався згідно з ДСТУ ISO 10381-2:2004 [23] у червні - липні 2020 р.

Відбір проб здійснювали методом «конверта»: у п'яти точках, кути і центр квадрата зі сторонами

10 м. Для безпосереднього відбору ґрунту використовувався бур діаметром 5 см та глибиною уколу 20 см. Проба вагою не менше 1 кг відбиралася з п'яти добре перемішаних зразків, з яких попередньо було видалено рослинність. Вимірювання питомої активності проводилося за допомогою двоканального сцинтиляційного  $\gamma$ - $\beta$ -спектрометра МКС-АТ-1315. Визначення питомої активності <sup>137</sup>Cs відбувалося в спектрометричному та радіометричному режимах, а <sup>90</sup>Sr лише в радіометричному. Проби важких металів відбиралися згідно з ДСТУ 4287:2004 [24] та за методикою комплексного радіаційного обстеження територій, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи [25]. Лабораторні дослідження виконувалися відповідно до діючих ДСТУ у вимірювальній лабораторії Поліського національного університету. Важкі метали визначали на атомно-абсорбційному спектрометрі С-115М1-ПК; калій – на полумєновому мікропроцесорному фотометрі GL378; фосфор і сірку – на спектрометрі ULAB 102; обмінну кислотність – потенціометрично на рН-метрі 150МІ; лужногідролізований азот (за Корнфілдом) і кальцій – методом титрування.

### 3. Результати досліджень та обговорення

З метою оцінки втрат видового різноманіття вищих судинних рослин територій ПЗ «Древлянський» наведено дані інвентаризації видового складу живого надґрунтового покриву на ділянках, що були досліджені влітку 2019 р. та мають характерний видовий склад для даних умов місцезростання (табл. 1).

Таблиця 1. Ботанічний опис дослідних ділянок Мотійківського природоохоронного науково-дослідного відділення ПЗ «Древлянський»

Дослідна ділянка	Види рослин	Трапляння		Покриття, %	
		Рік			
		2019	2020	2019	2020
Низова пожежа					
1 (B2)	Мохи				
	Pleurozium schreberi	Cop3	Cop2	20 - 25	5
	Dicranum polysetum	Cop2	Cop2	10 - 15	5
	Однорічні рослини				
	Daucus carota	Sol	–	<1	0
	Багаторічні рослини				
	Convallaria majalis	Cop2	–	10 - 15	0
	Pteridium aquilinum (L.) Kuhn	Cop2	Un	15 - 20	<1
	Peucedanum oreoselinum	Sp	–	3	0
	Sedum acre L.	Sp	–	3	0
	Calamagrostis epigejos (L.) Roth.	Sp	–	4	0
Chamaecytisus ruthenicus	Sol	–	<1	0	

Дослідна ділянка	Види рослин	Трапляння		Покриття, %	
		Рік			
		2019	2020	2019	2020
1 (B2)	Напівчагарники				
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Cop2	Sp	15	<1
	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Cop2	Sp	25 - 30	1 - 2
	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill	Cop1	Cop1	5 - 10	5 - 10
	Чагарники				
	<i>Genista tinctoria</i>	Cop1	–	5 - 8	0
	Підлісок				
	<i>Sorbus aucuparia</i>	Sol	–	1 - 3	0
	<i>Frángula ál nus</i>	Sol	–	1 - 3	0
2 (B1)	Мохи				
	<i>Pleurozium schreberi</i>	Cop3	Sp	30 - 40	<1
	<i>Dicranum polysetum</i>	Cop2	Sp	10	<1
	Однорічні рослини				
	<i>Daucus carota</i>	Sp	–	<1	0
	Багаторічні рослини				
	<i>Convallaria majalis</i>	Sol	Sol	3 - 5	<1
	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Cop1	Sp	8 - 10	<3
	<i>Peucedanum oreoselinum</i>	Sol	–	1 - 3	0
	<i>Sedum acre</i> L.	Sol	–	3 - 5	0
	<i>Koeleria glauca</i>	Sol	–	2 - 4	0
	<i>Helichrysum arenarium</i> (L.) DG	Sol	–	2 - 4	0
	Напівчагарники				
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Cop1	–	15 - 20	0
	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill	Sol	Cop1	<1	5
Підлісок					
	<i>Frángula ál nus</i>	Sol	–	<1	0
3 (A2)	Мохи				
	<i>Pleurozium schreberi</i>	Cop2	Sol	60 - 65	<5
	Багаторічні рослини				
	<i>Peucedanum oreoselinum</i>	Sol	Un	1 - 2	<1
	<i>Koeleria glauca</i>	Cop1	–	5 - 7	0
	<i>Helichrysum arenarium</i> (L.) DG	Sol	–	1 - 2	0
	Напівчагарники				
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Cop1	Sol	10	<1
	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill	Sp	Cop1	1 - 2	2 - 5
Підлісок					
	<i>Frángula ál nus</i>	Sol	–	<1	0
Верхова пожежа					
4 (B2)	Мохи				
	<i>Pleurozium schreberi</i>	Cop3	Cop1	20 - 25	1
	<i>Dicranum polysetum</i>	Cop2	Cop1	15	1
	Однорічні рослини				
	<i>Daucus carota</i>	Sol	–	<1	0
	Багаторічні рослини				
	<i>Convallaria majalis</i>	Cop1	–	10	0
	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Cop1	Un	13 - 15	<1
	<i>Peucedanum oreoselinum</i>	Sp	–	3	0
	<i>Sedum acre</i> L.	Sp	–	3	0
	<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth.	Sp	–	4	0
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	Sol	–	<1	0	

Дослідна ділянка	Види рослин	Трапляння		Покриття, %	
		Рік			
		2019	2020	2019	2020
4 (B2)	Напівчагарники				
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Cop1	Un	15	<1
	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Cop2	Sp	25 - 30	<1
	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill	Cop1	Cop1	5 - 10	5 - 10
	Чагарники				
	<i>Genista tinctoria</i>	Sp	–	<1	0
	Підлісок				
	<i>Sorbus aucuparia</i>	Cop1	–	2	0
	<i>Frángula ál nus</i>	Cop1	–	3	0
5 (A2)	Мохи				
	<i>Pleurozium schreberi</i>	Cop2	Sol	40	3 - 5
	<i>Dicranum polysetum</i>	Cop2	Cop1	30	<1
	Багаторічні рослини				
	<i>Peucedanum oreoselinum</i>	Cop1	–	5 - 7	0
	<i>Koeleria glauca</i> )	Sol	Un	1	<1
	<i>Helichrysum arenarium</i> (L.) DG	Sol	–	1 - 2	0
	Напівчагарники				
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Cop2	Sol	35	<1
	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill	Sp	Cop1	2 - 3	2 - 5
Підлісок					
	<i>Frángula ál nus</i>	Sp	–	<1	0
6 (A1)	Мохи				
	<i>Pleurozium schreberi</i>	Cop3	Sp	50	<5
	<i>Dicranum polysetum</i>	Cop3	Sol	35	<5
	Багаторічні рослини				
	<i>Peucedanum oreoselinum</i>	Sol	–	<1	0
	<i>Festuca ovina</i> L.	Sol	–	<1	0
	Напівчагарники				
	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill	Cop1	Cop1	5 - 10	2 - 4
	Підлісок				
		<i>Sorbus aucuparia</i>	Sol	–	<1

Ділянка з ТЛЮ А1 до пожежі представляла собою сосняки (*Pinus sylvestris*-*Calluna vulgaris*-*Pleurozium*+*Cladonia* ssp.) віком 58 років. Склад був представлений такими видами: деревостій – переважно домінуючою *Pinus sylvestris* – 10Сз, з невеликими включеннями *Betula pendula* до 10 %. Ярус підліску практично відсутній і представлений окремими екземплярами *Sorbus aucuparia*.

Покриття трав'яно-чагарникового ярусу невисоке, до 15 %, і представлене переважно *Peucedanum oreoselinum* та *Festuca ovina* L, чагарники локально представлені *Calluna vulgaris* (L.) Hill.

Покриття мохово-лишайникового ярусу (D) високе і сягає 70 - 90 %, серед лишайників переважають види роду *Cladonia*. Мохи представлені двома домінуючими видами *Dicranum polysetum* та *Pleurozium schreberi*.

Після верхової пожежі було знищено майже весь живий надґрунтовий покрив, зустрічаються

рідкісні ділянки із слабо пошкодженим мохово-лишайниковим покривом, із сумарною площею проективного покриття до 9 %, на згарищах відмічається заселення *Calluna vulgaris* (L.) Hill з проективним покриттям до 4 %. Санітарний стан деревного ярусу після пожежі представляв собою свіжий сухостій, усі дерева пошкоджені, крона відсутня, частково відпала кора, відмічається повне або часткове обвуглення стовбура, частина дерев зі зламаним стовбуром, наявний підріст *Pinus sylvestris*.

Ділянки з ТЛЮ А2 представлені сосняком брусличним (*Pinus sylvestris* - *Vaccinium vitis idaea* - *Pleurozium schreberi*).

Деревний ярус (А) характеризується повнотою в 0,6 - 0,8. У деревостані домінує *Pinus sylvestris*, з домішкою *Betula pubescens*, *B. pendula*, в складі до 10 %.

Ярус підліску (В) складається з поодиноких екземплярів *Frangula alnus* та *Sorbus aucuparia*.

Трав'яно-чагарниковий ярус (С): покриття становить від 10 до 25 %. Характерним у його складі є значна частка *Calluna vulgaris*. Присутні також *Peucedanum oreoselinum*, *Koeleria glauca* та *Helichrysum arenarium* (L.) DG.

Мохово-лишайниковий ярус (D): покриття становило 50 - 70 %, домінантами виступають *Pleurozium schreberi* та *Dicranum polysetum*, до 20 % покриття займають лишайники (видів *Cladonia*).

Після обох типів пожеж домінантним видом у трав'яно-чагарниковому ярусі є *Calluna vulgaris* з покриттям до 5 %. Після низової пожежі зустрічаються поодинокі екземпляри *Peucedanum oreoselinum* та частково вцілілі скупчення *Vaccinium vitis-idaea* L. Вік деревостану на момент пожежі становить 72 роки. Санітарний стан деревного ярусу після пожежі: крона дуже ажурна, жовтувато-зелена; всохло більше половини скелетних гілок по всій висоті крони, частково відпала кора, поодинокі дерева мають зламаний стовбур, наявний підріст *Pinus sylvestris*, *Populus tremula* L. та *Betula Pendula*.

Після верхової пожежі було відмічено поодинокі екземпляри *Koeleria glauca* та малочисельні *Vaccinium vitis-idaea* L. з покриттям до 1 %. Покриття мохово-лишайникового ярусу після низової пожежі становить 10 - 15 %, після верхової – близько 5 %. Заселення згарищ *Calluna vulgaris* є характерним для даного ТЛЮ. Вік деревостану на момент пожежі становить 69 років. Санітарний стан деревного ярусу: крони дуже ажурні з рудою хвоею або відсутні, частково відпала кора, відмічається нагар на стовбурі та обпалення кореневої шийки, значна частина дерев із зламаним стовбуром, наявний підріст *Pinus sylvestris*, *Populus tremula* L.

Субори представлені сосняком чорнично-брусничним (*Pinus sylvestris* - *Vaccinium vitis idaea* + *V. myrtillus* + *Calluna vulgaris* - *Pleurozium schreberi*) з ТЛЮ В1 та сосняком чорничним (*Pinus sylvestris* - *Vaccinium myrtillus* - *Pleurozium schreberi*) ТЛЮ В2.

Деревний ярус (А): повнота 0,6 - 0,8. У деревостані домінує *Pinus sylvestris*, з домішками *Betula pendula* у складі насадження чорнично-брусничного сосняку до 10 %, а у чорничному до 20 %.

Ярус підліску (В) виражений поодинокими екземплярами *Frangula alnus* та Горобини *Sorbus aucuparia*.

Трав'яно-чагарниковий ярус (С): покриття в межах 30 - 40 %. Домінантним видом у складі на ділянці В1 є *Vaccinium vitis idaea* із субдомінацією *Vaccinium myrtillus* та значною часткою *Calluna vulgaris* (L.) Hill. Незначні показники трапляння у видів: *Daucus carota*, *Convallaria majalis*, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Peucedanum oreoselinum*, *Sedum acre* (L.), *Koeleria glauca*.

На ділянках В2, крім домінантного *Vaccinium myrtillus*, поширеним видом є *Convallaria majalis*, частка ж *Vaccinium vitis-idaea* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Peucedanum oreoselinum*, (*Sedum acre* L., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Chamaecytisus ruthenicus*, *Genista tinctoria* та *Calluna vulgaris* (L.) Hill незначна, а покриття становить до 20 % сумарно.

Мохово-лишайниковий ярус (D): покриття 60 - 75 %. Ярус представлений домінуючими видами *Pleurozium schreberi* та *Dicranum polysetum* і часткою лишайників (види *Cladonia*) з покриттям до 20 - 25 % для В1 та 5 - 15 % для В2.

Результатом низової пожежі для В1 стало знищення усіх видів трав'янистих рослин крім *Convallaria majalis* та *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn із сумарним покриттям до 2 % та покриттям *Calluna vulgaris* (L.) Hill до 5 %. Мохово-лишайниковий покрив знищено на 85 - 95 %. Санітарний стан деревного ярусу віком 81 рік був такий: ажурні крони зі світло-зеленою або рудою хвоею, висота нагару до нижньої частини крони, обпал кореневої шийки, наявний підріст *Pinus sylvestris*, *Populus tremula* L.

Низові пожежі на В2 відрізняються вищими показниками покриття для *Vaccinium vitis-idaea* L. та *Vaccinium myrtillus* L. до 3 % сумарно, покриття *Calluna vulgaris* (L.) Hill становить 5 - 10 %. Санітарний стан деревного ярусу віком 65 років: ажурні крони зі світло-зеленою або рудою хвоею, висота нагару до нижньої частини крони, обпалені кореневі шийки, частина дерев із зламаним стовбуром, наявний підріст *Pinus sylvestris*, *Populus tremula* L.

При верховій пожежі у В2 було знищено усі види крім *Convallaria majalis* та *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn із сумарним покриттям до 2 % та покриттям *Calluna vulgaris* (L.) Hill до 10 %.

Вік деревостану на момент пожежі становить 73 роки. Санітарний стан деревного ярусу: крони переважно відсутні або дуже ажурні з рудою хвоею, частково відпала кора, нагар на стовбурі та обпалення кореневої шийки, значна частина дерев із зламаним стовбуром, наявний підріст *Pinus sylvestris*, *Populus tremula* L. та *Betula Pendula*.

Дослідження агрохімічних показників та вміст важких металів у зразках ґрунту на місцях після пожеж дали змогу охарактеризувати стан ґрунтів та виявити потенційні загрози існуванню лісорослинних комплексів.

У цілому аналіз фізико-хімічних та агрохімічних показників ґрунту показав, що він малозабезпечений макро- та мікроелементами та має сильнокислу реакцію ґрунтового середовища, яка є характерною для типу лісорослинних умов – бори, субори (табл. 2).

Таблиця 2. Агрохімічні показники ґрунту ПЗ «Древлянський» (станом на червень 2020 р.)

Місце відбору зразка	Кислотність обмінна, М ± m, од. рН	Гумус, М ± m, %	Азот лужно-гідролізованний, М ± m, мг/кг ґрунту	Рухомий фосфор, М ± m, мг/кг ґрунту	Обмінний калій, М ± m, мг/кг ґрунту	Кальцій, М ± m, мг-екв/100 г ґрунту	Сірка, М ± m, мг-екв/100 г ґрунту
Контроль	3,77 ± 0,14	1,36 ± 0,12	62,4 ± 3,2	41,3 ± 3,1	23,5 ± 1,5	3,16 ± 0,13	4,8 ± 0,5
Низова пожежа							
1 (B2)	3,98 ± 0,12	1,24 ± 0,14	44,8 ± 1,9	67,1 ± 4,0	23,9 ± 1,3	4,12 ± 0,18	3,8 ± 0,4
2 (B1)	3,32 ± 0,11	0,87 ± 0,08	51,8 ± 2,1	24,9 ± 1,5	20,6 ± 1,4	0,87 ± 0,07	2,08 ± 0,19
3 (A2)	3,62 ± 0,18	0,62 ± 0,05	39,2 ± 2,0	15,6 ± 1,0	13,8 ± 1,1	1,62 ± 0,12	2,82 ± 0,24
Верхова пожежа							
4 (B2)	3,90 ± 0,20	0,75 ± 0,11	46,2 ± 2,0	13,3 ± 1,0	16,2 ± 1,0	1,25 ± 0,10	3,5 ± 0,4
5 (A2)	4,08 ± 0,21	0,65 ± 0,06	49,0 ± 3,0	20,6 ± 1,6	22,6 ± 1,6	2,01 ± 0,09	2,94 ± 0,30
6 (A1)	4,15 ± 0,20	0,81 ± 0,06	50,4 ± 3,1	14,4 ± 1,1	21,6 ± 1,6	4,4 ± 0,4	3,35 ± 0,34

Результати досліджень свідчать, що обстежена територія характеризується значною просторовою неоднорідністю основних агрохімічних і фізико-хімічних показників. Контрольна проба ґрунту була відібрана на території, не пошкодженій пожежами. Обстежені ґрунти ПЗ «Древлянський» на ділянках, де були пожежі, мають сильно-кислу реакцію середовища рН<sub>сол.</sub>, що варіюється в межах від 3,32 ± 0,11 до 4,15 ± 0,20. Ці ґрунти мають дуже низький вміст гумусу з найменшим показником 0,65 % на ділянці А2, пошкодженій верховою пожежою, та найбільший показник 1,36 ± 0,12 % на контрольній ділянці. Вміст лужно-гідролізованого азоту від 39,2 ± 2,0 мг/кг на ділянці А2 після низової пожежі до 62,4 ± 3,2 мг/кг на контрольній ділянці. Вміст рухомого фосфору також низький на усіх досліджуваних ділянках з найбільшим показником 67,1 ± 4,0 (B2, низова пожежа) та найменшим показником 13,3 ± 1,0 (B2, верхова пожежа). Вміст обмінного калію дуже низький (до 40 мг/кг) і варіюється у межах від 13,8 ± 1,1 мг/кг до 23,9 ± 1,3 мг/кг при низових пожежах у А2 та В2 відповідно. Найменший вміст обмінного кальцію становив 0,87 ± 0,07 мг-екв/100 г ґрунту (B1, низова пожежа), а найбільший 4,4 ± 0,4 мг-екв/100 г ґрунту (A1, верхова пожежа). Таким чином, показники вказують на низький (2,6 - 5 мг-екв/100 г) та дуже низький (0 - 2,5 мг-екв/100 г) вміст обмінного кальцію. Вміст рухомої сірки на контрольній ділянці є найвищим 4,8 ± 0,5 мг-екв/100 г ґрунту, а найменший на ділянці В1 після низової пожежі 2,08 ± 0,19 мг-екв/100 г ґрунту. З найбільш вагомих змін в агрохімічних показниках ґрунту, пошкоджених пожежами ділянок, порівняно з контролем є підвищення обмінної кислотності, особливо на ділянці з ТЛУ А1, зниження вмісту гумусу з найменшими показниками

на ділянках з ТЛУ А2, лужногідролізованого азоту з найменшими показниками на ділянках з ТЛУ В2, показник рухомого фосфору на ділянці з ТЛУ В2 після верхової пожежі більше, ніж у 2 рази нижчий за контроль.

За даними попередніх досліджень перехід радіонуклідів Cs ґрунту в рослини значною мірою визначається вмістом в ґрунті обмінного калію: зі збільшенням його концентрації інтенсивність поглинання <sup>137</sup>Cs рослинами знижується. Коефіцієнт дискримінації <sup>137</sup>Cs по відношенню до калію залежить у першу чергу від властивостей ґрунту, а також від особливостей рослин та фази їхнього розвитку. Підвищеному переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини також сприяє кисла реакція ґрунтового розчину [26]. Враховуючи дану залежність та показники досліджуваних ділянок, а саме, кислу реакцію ґрунтового розчину та дуже низький вміст обмінного калію, можемо зробити висновок про підвищену інтенсивність поглинання <sup>137</sup>Cs рослинами в післяпожежний період.

Накопичення рослинами <sup>90</sup>Sr визначається найбільшою мірою кількістю в них обмінного кальцію. <sup>90</sup>Sr пересувається по харчових ланцюжках разом з кальцієм і його накопичення є обернено пропорційним до вмісту обмінного кальцію. При переході <sup>90</sup>Sr за біологічними ланцюжками відношення <sup>90</sup>Sr до кальцію, як правило, змінюється і в наступній ланці стає менше. Із зростанням концентрації кальцію в ґрунті зменшується відношення радіостронцію до кальцію у рослині. Це зменшення спостерігається до рівня вмісту кальцію, що дорівнює 100 % ємності катіонного обміну ґрунту [26]. Показники обмінного кальцію на досліджуваних ділянках варіюються в межах від дуже низьких до низьких, що вказує на підвищену інтенсивність поглинання <sup>90</sup>Sr.

Вміст рухомих сполук важких металів на пошкоджених ділянках не перевищував допустимих рівнів. Вміст рухомих форм марганцю становив  $12 \pm 5$  мг/кг ґрунту, міді –  $0,25 \pm 0,08$  мг/кг, цинку

–  $1,37 \pm 0,30$  мг/кг, кобальту –  $0,21 \pm 0,02$  мг/кг, кадмію –  $0,06 \pm 0,01$  мг/кг, свинцю –  $1,89 \pm 0,29$  мг/кг (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст рухомих сполук важких металів у ґрунті ПЗ «Древлянський» (станом на червень 2020 р.)

Важкий метал	Контроль, $M \pm m$ , мг/кг ґрунту	Середнє значення по пошкоджених ділянках, $M \pm m$ , мг/кг ґрунту	Коефіцієнт варіації (V), %	Гранично допустима концентрація, мг/кг
Мідь	$0,25 \pm 0,05$	$0,32 \pm 0,08$	51	3
Цинк	$1,22 \pm 0,21$	$1,37 \pm 0,30$	37	23
Кобальт	$0,19 \pm 0,02$	$0,21 \pm 0,02$	21	5
Кадмій	$0,05 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$	24	0,7
Свинець	$1,61 \pm 0,26$	$1,89 \pm 0,29$	26	6
Марганець	$10,1 \pm 3,1$	$12 \pm 5$	67	23

Порівняно з контрольним зразком на вражених пожежею ділянках збільшився вміст міді на  $0,07$  мг/кг ґрунту, цинку – на  $0,15$  мг/кг ґрунту, кобальту – на  $0,03$  мг/кг ґрунту, кадмію – на  $0,01$  мг/кг ґрунту, свинцю – на  $0,28$  мг/кг ґрунту, марганцю – на  $2,05$  мг/кг ґрунту. Даний рівень забруднення важкими металами може значно змінитися в найближчі роки, адже наявність лісової підстилки сповільнює процес міграції їх по профілю ґрунту.

З метою оцінки радіаційної ситуації на території ПЗ «Древлянський», який знаходиться у зоні безумовного (обов'язкового) відселення та гарантованого добровільного відселення, було відібрано зразки ґрунту для визначення показників щільності забруднення радіонуклідами  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  (табл. 4).

Таблиця 4. Щільність забруднення  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  в ґрунті,  $M \pm m$ , кБк/м<sup>2</sup> (станом на червень 2020 р.)

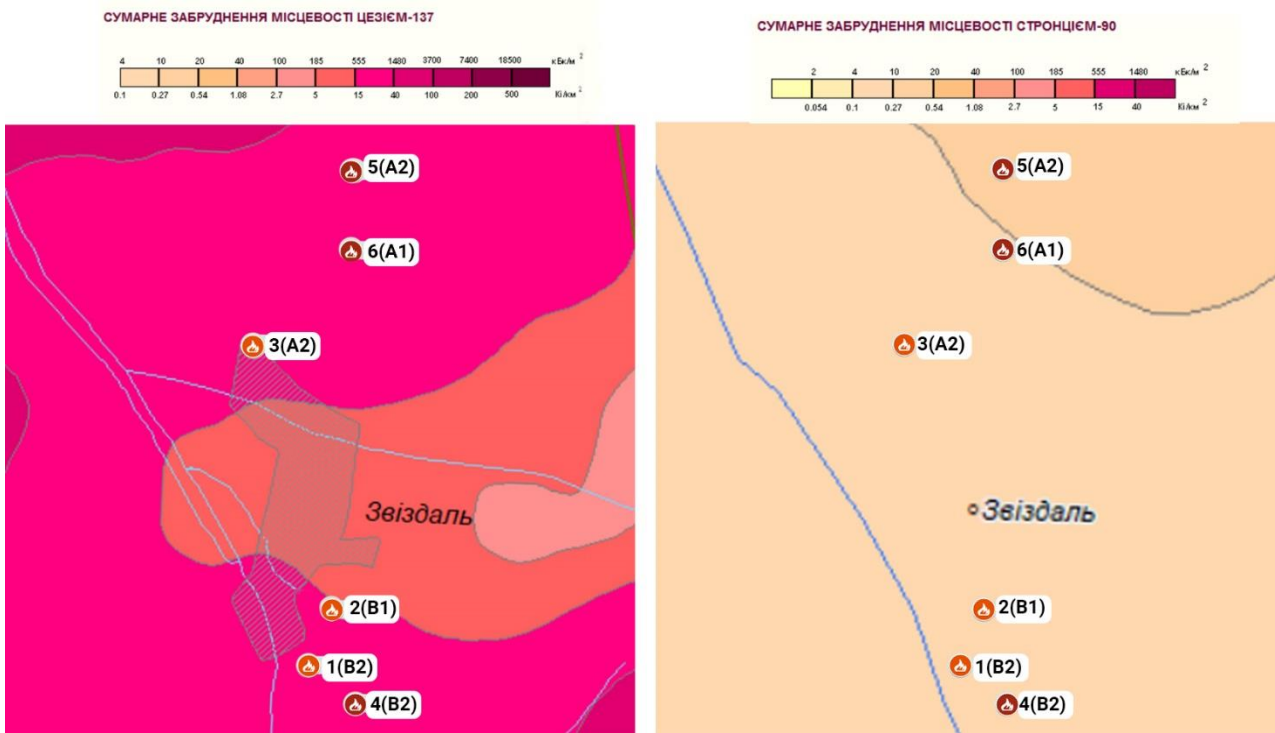
Дослідна ділянка	$^{137}\text{Cs}$		$^{90}\text{Sr}$	
	Рік			
	2006	2020	2006	2020
1 (B2)	$1018 \pm 463$	$528 \pm 32$	$7 \pm 3$	$5,0 \pm 0,3$
2 (B1)	$1018 \pm 463$	$336 \pm 21$	$7 \pm 3$	$12,0 \pm 0,7$
3 (A2)	$1018 \pm 463$	$975 \pm 59$	$7 \pm 3$	$24 \pm 2$
4 (B2)	$1018 \pm 463$	$603 \pm 37$	$7 \pm 3$	$4,0 \pm 0,3$
5 (A2)	$1018 \pm 463$	$2671 \pm 185$	$30 \pm 10$	$68 \pm 4$
6 (A1)	$1018 \pm 463$	$2400 \pm 164$	$7 \pm 3$	$40 \pm 2$

Загальні показники щільності забруднення  $^{137}\text{Cs}$  на ділянках, вражених низовими пожежами, варіюються в межах від  $336 \pm 21$  кБк/м<sup>2</sup> в ТЛЮ В1 до  $975 \pm 59$  кБк/м<sup>2</sup> в ТЛЮ А2; верховими пожежами – від  $603 \pm 37$  кБк/м<sup>2</sup> до  $2671 \pm 185$  кБк/м<sup>2</sup>. Порівнюючи отримані дані з показниками щільності забруднення  $^{137}\text{Cs}$  станом на 2006 р. (рисунок), де середнє значення становило  $1018 \pm 463$  кБк/м<sup>2</sup>, варто відзначити збільшення показників на дослідних ділянках 5 (A2) і 6 (A1) та зменшення решти показників на ділянках 1 - 4. Найбільша різниця спостерігається на дослідній ділянці 2 (B1), де середнє значення менше на  $682$  кБк/м<sup>2</sup>. Проте варто зауважити, що дана територія характеризується дуже високим градієнтом радіоактивного забруднення. Зокрема, ділянка 2

знаходиться на межі із зоною із меншим діапазоном щільності забруднення, а ділянки 5 та 6 знаходяться на відстані менше 2 км від зони з більшим рівнем забруднення.

Максимальний показник щільності забруднення  $^{90}\text{Sr}$  при низових пожежах був зафіксований на ділянці з ТЛЮ А2 і становив  $24 \pm 2$  кБк/м<sup>2</sup>, а мінімальний – на ділянці з ТЛЮ В2 і дорівнював  $5,0 \pm 0,3$  кБк/м<sup>2</sup>. При пошкодженні верховими пожежами показник варіювався від  $4,0 \pm 0,3$  кБк/м<sup>2</sup> при ТЛЮ В2 до  $68 \pm 4$  кБк/м<sup>2</sup> при ТЛЮ А2. Станом на 2006 р. середній показник щільності забруднення на дослідних ділянках 1, 2, 3, 4, 6 становив  $7 \pm 3$  кБк/м<sup>2</sup>. Показники, отримані під час даного дослідження, є більшими у дослідних ділянок: 2 (B1) на  $5$  кБк/м<sup>2</sup>, 3 (A2) на  $17$  кБк/м<sup>2</sup> та 6 (A1) на





Щільність забруднення  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  в ґрунті (станом на 10 травня 2006 р.)  
(Див. кольоровий рисунок на сайті журналу.)

33 кБк/м<sup>2</sup>. Ділянка 5 (A2) знаходиться в межах іншої зони із середнім значенням  $30 \pm 10$  кБк/м<sup>2</sup> і теж вирізняється більшим показником на 38 кБк/м<sup>2</sup>.

Проведене порівняння показників щільності забруднення  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  станом на 2006 та 2020 рр. вказало на відмінності у показниках, але при цьому – на збереження загальної тенденції розподілу радіоактивного забруднення територією. Отримані авторами показники фіксують сучасний стан радіоактивного забруднення і можуть бути використані для подальшого дослідження динаміки розподілу радіоактивного забруднення.

#### 4. Висновки

Внаслідок пожеж повністю зникли зі складу досліджуваних ділянок *Daucus carota*, *Sedum acre* L., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Chamaecytisus ruthenicus*, *Genista tinctoria*, *Sorbus aucuparia* та *Frángula álnus*. Очікувано збільшив свою частку у складі *Calluna vulgaris* (L.) Hill.

Обстежена територія характеризується значною просторовою неоднорідністю основних агрохімічних і фізико-хімічних показників. З найбільш вагомих змін в агрохімічних показниках ґрунту, пошкоджених пожежами ділянок, є підвищення обмінної кислотності, зниження вмісту гумусу, лужногідролізованого азоту, рухомого фосфору та мікроелементів.

Такі параметри, як кисла реакція ґрунтового розчину та дуже низький вміст обмінного калію

свідчать про підвищену інтенсивність поглинання  $^{137}\text{Cs}$  рослинами. Підвищену інтенсивність поглинання  $^{90}\text{Sr}$  можуть зумовити низькі та дуже низькі показники обмінного кальцію на досліджуваних ділянках в післяпожежний період.

Вміст рухомих форм важких металів на пошкоджених ділянках порівняно з контрольним зразком дещо збільшився: мідь – на 0,07 мг/кг ґрунту, цинк – на 0,15 мг/кг ґрунту, кобальт – на 0,03 мг/кг ґрунту, кадмій – на 0,01 мг/кг ґрунту, свинець – на 0,28 мг/кг ґрунту, марганець – на 2,05 мг/кг ґрунту, проте не перевищував гранично допустиму концентрацію. За рахунок наявності лісової підстилки, яка сповільнює процес міграції важких металів по профілю ґрунту, рівень забруднення важкими металами може значно змінитися в найближчі роки.

Досліджені показники щільності забруднення відрізняються від показників, визначених попередніми дослідженнями, проте повністю відповідають тенденції розподілу градієнта радіологічного забруднення території і можуть служити додатковими даними для деталізації радіологічного стану даної території.

Виявлений у процесі дослідження негативний вплив пожеж на лісові рослинні комплекси свідчить про нагальну необхідність мінімізації ризику виникнення таких пожеж через створення спеціальної системи охорони лісів на землях ПЗФ, а саме: спорудження у встановленому порядку будівель та

інших об'єктів контролю виникнення пожеж; здійснення коригування класів пожежної небезпеки за умови розташування об'єктів ПЗФ поблизу населених пунктів; проведення моніторингу випалювання сухої рослинності у пожежо-небезпечні пе-

ріоди. Для оптимізації природно-захисної діяльності слід проводити детальні наукові дослідження кожного окремого об'єкту ПЗФ з урахуванням усіх особливостей його функціонування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. А. Граков. Упорядочение отпуска леса в Архангельской губернии. Лесной журнал: Изв. ВУЗов России 2 (1998) 23.
2. М.Е. Ткаченко. *Общее лесоводство* (Москва - Ленинград: Гослесбумиздат, 1952) 600 с.
3. Э.Н. Валендик, А.И. Сухинин, И.В. Косов. *Влияние низовых пожаров на устойчивость хвойных пород* (Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2006) 96 с.
4. А.С. Шишкин и др. *Стратегия по снижению пожарной опасности на ООПТ Алтае-Саянского Экорегииона* (Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013) 264 с.
5. Г.А. Иванова, В.Д. Перевозникова. Послепожарное формирование живого напочвенного покрова в сосняках Среднего Приангарья. Сибирский экологический журнал 3 (1996) 109.
6. О.В. Алексеев, В.В. Валетов. Распространение и периодичность лесных пожаров в Национальном парке «Припятский». *Вестник Мазырсака дзяржаунага педагагічнага універсітета* 1(12) (2005) 31.
7. В.В. Валетов, А.В. Углянец, О.В. Алексеев. Естественное возобновление в сосняках, подвергшихся пирогенному воздействию. *Вестник Мазырсака дзяржаунага педагагічнага універсітета* 1(12) (2005) 36.
8. Н.В. Гордей. Восстановительная стадия культурценозов сосны на гарях. *Сб. науч. тр.* 66 (2007) 43.
9. В.И. Парфенов, Г.А. Ким, Г.Ф. Рыковский. *Антропогенные изменения флоры и растительности Белоруссии* (Минск: Наука и техника, 1985) 294 с.
10. С.В. Зібцев. Стан охорони лісів від пожеж в Україні та головні напрямки його покращення. *Наук. вісн. Національного аграрного універсітету* 25 (2000) 319.
11. Ю.В. Буц. Динаміка ландшафтних пожеж в Україні та екологоекономічні наслідки їх виникнення. *Вісн. Одеського національного ун-ту. Сер.: Географічні та геологічні науки* 2(18) (2013) 111.
12. P.C. Nagajyoti, K.D. Lee, T.V.M. Sreekanth. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ. Chem. Lett.* 8 (2010) 199.
13. І.І. Колосова, К.М. Руденко, В.Ф. Шаторна. Кадмій – загроза для живих організмів (огляд літератури). В кн.: *Perspectives of World Science and Education. Abstracts of the V Int. Sci. and Practical Conference. Osaka, Japan, January 29 – 31, 2020* (Osaka, Japan, CPN Publishing Group, 2020) p. 433.
14. A. Asati, M. Pichhode, K. Nikhil. Effect of heavy metals on plants: an overview. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management* 5(3) (2016) 56.
15. S. Niassy, K. Diarra. Effect of organic inputs in urban agriculture and their optimization for poverty alleviation in Senegal, West Africa. In: *Organic Fertilizers: Types, Production and Environmental Impact*. R.P. Singh (Ed.) (Hauppauge, NY: Nova Science Publisher Inc., 2012) p. 22.
16. Z. Yanqun et al. Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead-zinc mining area in Yunnan, China. *Environ. Int.* 31 (2005) 755.
17. C.O. Nwuche, E.O. Ugoji. Effects of heavy metal pollution on the soil microbial activity. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 5 (2008) 409.
18. *Національна доповідь «Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2017 рік».*
19. І. М. Герасименко, О.О. Соловійова, С.В. Пронь. Перспективні напрями боротьби з пожежами у лісовому господарстві України. *Наук. вісн. НЛТУ України* 31(3) (2021) 27.
20. *Методи ботанічних та геоботанічних досліджень*. Навч.-метод. пос. Укл. О. Р. Шелегеда (Запоріжжя: КЗ «ЗОЦКУМ» ЗОР, 2011) 32 с.
21. В.В. Тарасов. *Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів* (Дніпропетровськ: ДНУ, 2005) 276 с.
22. Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів. Наказ Державного комітету лісового господарства України від 19.08.2010 р. за № 260. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 05.11.2010 р. за № 1046/18341.
23. *Якість ґрунту. Відбирання проб. Ч. 2. Настанови з методів відбирання проб.* ДСТУ ISO 10381-2: 2004 (К.: Держспоживстандарт України, 2006) 30 с.
24. *Якість ґрунту. Відбирання проб.* ДСТУ 4287:2004 (К.: Держспоживстандарт України, 2005) 9 с.
25. В.О. Кашпаров та ін. *Методика комплексного радіаційного обстеження забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи територій (за винятком території зони відчуження)* (К.: Атіка-Н, 2007) 60 с.
26. Л.І. Григор'єва, Ю.А. Томілін. *Радіоекологічні та радіобіологічні аспекти зрошеного землеробства півдня України* (Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2006) 260 с.

L. D. Romanchuck, V. I. Ustyomenko\*

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

\*Corresponding author: vovaustimenko@gmail.com

**EFFECT OF FOREST FIRES ON FOREST PLANT COMPLEXES  
CONTAMINATED BY RADIONUCLIDES**

Among the most pressing threats to the existence of forest plant complexes of the nature reserve fund is the pyrogenic danger, which is exacerbated by changes in the natural hydrolytic regime and global climate change, the driving effects of which are currently difficult to fully assess. The article highlights the results of a study of the forest plant complexes and soil state of the nature reserve “Drevlyanskyi” in Zhytomyr region after the fires. The results of the field survey of plantations, agrochemical and radiological analysis of soil indicators are presented. Studies show a change in the composition of forest plant complexes, a reduction in the number of herbaceous species, and a decrease in the area of moss and lichen cover. The surveyed area is characterized by significant spatial heterogeneity of the main agrochemical and physicochemical parameters of the soil. There was a slight increase in the content of heavy metals in the soil, however, the indicators did not exceed the maximum allowable concentrations in these areas. To assess the radiation situation after fires on the territory of the nature reserve, the indicators of the density of soil pollution with  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  were determined. The authors recommended a set of measures to improve the efficiency of nature reserves. Adherence to the recommendations will help to increase the environmental sustainability of forest plant complexes and will minimize the occurrence of fires and their consequences.

**Keywords:** nature reserve fund, species composition, vegetation cover, agrochemical indicators, heavy metals, pollution density, radionuclides.

## REFERENCES

1. A. Grakov. Streamlining the release of forests in the Arkhangelsk province. *Lesnoy Zhurnal: Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy Rossii* 2 (1998) 23. (Rus)
2. M.E. Tkachenko. *General Forestry* (Moskva - Leningrad: Goslesbumizdat, 1952) 600 p. (Rus)
3. E.N. Valendik, A.I. Sukhinin, I.V. Kosov. *Influence of Ground Fires on the Stability of Coniferous Species* (Krasnoyarsk: Institute of Forests of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2006) 96 p. (Rus)
4. A.S. Shishikin et al. *Strategy to Reduce Fire Hazard in the Protected Areas of the Altai-Sayan Ecoregion* (Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2013) 264 p. (Rus)
5. G.A. Ivanova, V.D. Perevoznikova. Post-fire formation of living ground cover in pine forests of the Middle Angara region. *Sibirskiy Ekologicheskiy Zhurnal* 3 (1996) 109. (Rus)
6. O.V. Alekseev, V.V. Valetov. Distribution and periodicity of forest fires in the National Park “Pripyatsky”. *Vesnik Mazyrskaga Dzyarzhhaunaga Pedagogichnaga Universiteta* 1(12) (2005) 31. (Rus)
7. V.V. Valetov, A.V. Uglyanets, O.V. Alekseev. Natural renewal in pine forests exposed to the pyrogenic influence. *Vesnik Mazyrskaga Dzyarzhhaunaga Pedagogichnaga Universiteta* 1(12) (2005) 36. (Rus)
8. N.V. Gordey. Restorative stage of pine cultural censuses on burned areas. *Sbornik Nauchnykh Trudov* 66 (2007) 43. (Rus)
9. V.I. Parfenov, G.A. Kim, G.F. Rykovsky. *Anthropogenic Changes in the Flora and Vegetation of Belarus* (Minsk: Nauka i Tekhnika, 1985) 294 p. (Rus)
10. S.V. Zibtsev. The state of forest protection against fires in Ukraine and the main directions for its improvement. *Naukovyy Visnyk of the National Agrarian University* 25 (2000) 319. (Ukr)
11. Yu.V. Butz. Dynamics of landscape fires in Ukraine and ecological and economic consequences of their occurrence. *Visnyk of the Odessa National University. Ser.: Geographical and Geological Sciences* 2(18) (2013) 111. (Ukr)
12. P.C. Nagajyoti, K.D. Lee, T.V.M. Sreekanth. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ. Chem. Lett.* 8 (2010) 199.
13. I.I. Kolosova, K.M. Rudenko, V.F. Shatorna. Cadmium is a threat to living organisms (literature review). In: *Perspectives of World Science and Education. Abstracts of the V Int. Sci. and Pract. Conf. Osaka, Japan, January 29 - 31, 2020* (Osaka, Japan, CPN Publishing Group, 2020) p. 433.
14. A. Asati, M. Pichhode, K. Nikhil. Effect of heavy metals on plants: an overview. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management* 5(3) (2016) 56.
15. S. Niassy, K. Diarra. Effect of organic inputs in urban agriculture and their optimization for poverty alleviation in Senegal, West Africa. In: *Organic Fertilizers: Types, Production and Environmental Impact*. R.P. Singh (Ed.) (Hauppauge, NY: Nova Science Publisher Inc., 2012) p. 22.
16. Z. Yanqun et al. Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead-zinc mining area in Yunnan, China. *Environ. Int.* 31 (2005) 755.
17. C.O. Nwuche, E.O. Ugoji. Effects of heavy metal pollution on the soil microbial activity. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 5 (2008) 409.
18. National report “Analytical review of the state of man-made and natural safety in Ukraine for 2017”.

19. I.M. Gerasimenko, O.O. Solovyova, S.V. Pron. Prospective directions of fighting fires in the forestry of Ukraine. *Naukovyy Visnyk of the National Forestry University of Ukraine* 31(3) (2021) 27. (Ukr)
20. *Methods of Botanical and Geobotanical Research. Educational and Methodological Manual*. Compiled by O.R. Shelegeda (Zaporizhia: Public Institution "Zaporizhia Regional Center of Tourism and Local Lore of Pupils" of the Zaporizhia Regional Council, 2011) 32 p. (Ukr)
21. V.V. Tarasov. *Flora of Dnipropetrovsk and Zaporizhzhia Regions. Vascular Plants. Biological and Ecological Characteristics of Species* (Dnipropetrovsk: Dnipropetrovsk National University, 2005) 276 p. (Ukr)
22. Instructions on design, technical acceptance, accounting, and quality assessment of forestry objects. Order of the State Forestry Committee of Ukraine dated August 19, 2010 under No. 260. Registered in the Ministry of Justice of Ukraine on November 5, 2010 under No. 1046/18341.
23. Soil quality. Sampling methods. Part 2. Guidelines on sampling methods. State Standard of Ukraine ISO 10381-2: 2004 (Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2006) 30 p. (Ukr)
24. Soil quality. Sampling methods. State Standard of Ukraine 4287:2004. (Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2005) 9 p. (Ukr)
25. V.O. Kashparov et al. *Methodology of a Comprehensive Radiation Survey of the Territories Contaminated by the Chornobyl Disaster* (except for the Exclusion Zone) (Kyiv: Atika-N, 2007) 60 p. (Ukr)
26. L.I. Grigorieva, Yu.A. Tomilin. *Radioecological and Radiobiological Aspects of Irrigated Agriculture in the South of Ukraine* (Mykolaiv: Publishing House of Petro Mohyla State University, 2006) 260 p. (Ukr)

Надійшла/Received 14.06.2022