

I. AGRICULTURE

DOI 10.26886/2520-7474.1(59)2024.1

UDC: 630.2434: 502/114.351

**FALL OF PINE PHYTOMASS AFTER LARGE-SCALE FOREST FIRES IN
THE CONDITIONS NATURE PROTECTION SCIENTIFIC RESEARCH
DEPARTMENTS POLISKY NATURE RESERVE**

Valery Levchenko Ph.D. Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-3638-1015>

e-mail: waleriy07@ukr.net

Igor Shulga, Ph.D. Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0003-1886-6868>

e-mail: shoolda64@ukr.net

Yaroslav Fuchylo, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

<https://orcid.org/0000-0002-2669-5176>

e-mail: fuchylo_yar@ukr.net

Roman Gurzhii, Doctor of Philosophy

<https://orcid.org/0000-0003-3777-749X>

e-mail: hurhii@i.ua

Alla Romanyuk, teacher of the highest category, teacher-methodologist

<https://orcid.org/0000-0002-4497-5972>

e-mail: allaromaniuk1960@gmail.com

Olga Belska, senior researcher at the scientific department

<https://orcid.org/0000-0002-1745-344X>

e-mail: olucky@i.ua

Malyn Vocational College, Ukraine, Malin.

National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine, Ukraine, Kyiv.

Zhytomyr Agrotechnical Vocational College, Ukraine, Zhytomyr.

Polissky Nature Reserve, village Selezivka.

The natural and ecological significance of the forest floor of forests in the post-pyrogenic period in the forest vegetation conditions of the nature protection research departments (PNDV) of the Polissky Nature Reserve is substantiated. The results of stationary studies of the annual amount of natural phyto-waste of Scots pine in the post-pyrogenic period in the conditions of the Pergansk, Kopyshchan PNDV of the Polisky Nature Reserve were analyzed.

The subject of the work is the determination of the biological waste of Scots pine phytomass in post-pyrolysis conditions after the large-scale forest fires of 2020 in the territories of the Pergansk, Kopyshchan PNDV of the Polissky Nature Reserve. A practical assessment of the amount of phytomass waste of Scots pine after the passage of large-scale forest fires, as well as its comparison with the already existing recommendations for determining the permissible quantities of phytomass waste of pine stands, in the context of the accumulation of forest combustible materials and the forecast of the risks of the re-occurrence and spread of forest fires as in conditions of the natural reserve fund of the Polissia Nature Reserve, as well as the nature reserve fund of the Central Polissia zone as a whole. Approbation and representation of methodological principles regarding the determination of the accumulation of biological waste of Scots pine in the conditions of the Pergansky, Kopyshchansky PNDV of the Polisky Nature Reserve in the post-pyrogenic period, the assessment of the actual discrepancy of the total annual intake of phytomass waste in the pine forests

of the nature reserve three years after the fires is 2,5 times smaller, than in forests without pyrogenesis.

The purpose of the work is to determine the waste and accumulation of Scots pine phytomass in the forest vegetation conditions of the Pergansk, Kopyshchan PNDV of the Polisky Nature Reserve after the large-scale forest fires of 2020. Evaluation of the accumulation of forest combustible materials in the process of passing through the waste of Scots pine phytomass in the post-pyrogenic period, comparing their amount with the forests of the nature reserve fund of the Central Polissia zone of Ukraine, where pyrogenesis has not been noted, and providing practical recommendations to prevent repeated risks of forest fires occurring in these territories.

The main methods of conducting research on the study of natural waste phytomass of Scots pine on fires in the post-pyrogenic period of the Polissky Nature Reserve were:

- 1. Computational and analytical for the collection and processing of the results of research on the waste of phytomass and the accumulation of forest combustible materials in the conditions of forest vegetation of the Pergansk, Kopyshchan PNDV of the Polissky Nature Reserve as well as their comparison with forests without signs of pyrogenesis.*
- 2. Implementation of general and regional post-pyrogenic monitoring and statistical analysis of the obtained results using already existing methodologies of post-pyrogenesis research and the accumulation of forest combustible materials.*
- 3. Determination of the representativeness and objectivity of the obtained research results in relation to all objects of the nature reserve fund of the Central Polissia zone of Ukraine, where pine stands dominate.*
- 4. Provision of practical recommendations regarding the control and accounting of the accumulation of forest combustible materials as a result of the loss of Scots pine phytomass in the post-pyrogenic period, and forecasts*

of the risks of the occurrence and spread of forest fires in the forest vegetation conditions of the Nature Reserve Fund of Ukraine.

According to the results of the work, it was established that the total annual intake of vegetation waste in pine forests of the post-pyrogenic period three years after the fire is 2,5 times less than in forests without signs of pyrogenesis. It was determined that the qualitative composition of waste significantly changes in the conditions of fires. It has been proven that in the conditions of wildfires, the total input of carbon with pine waste in the control forest is 164 g/m²/year, and in the wildfire - 76 g/m²/year, nitrogen – 1,7 and 2,4 g/m²/year in accordance. It was found that the waste of a pine plantation after a forest fire is dominated by nitrogen-enriched organic residues. The results of the pyrological studies indicate a significant change in the processes of the intensity of waste arrival in the post-pyrogenic pine nature reserve forests.

The field of application of the results of the conducted research is the objects of the nature reserve fund on the example of the Polissky Nature Reserve, forestry enterprises and forestry farms geographically located in the Central Polissia zone, with the aim of determining the accumulation of the amount of forest combustible materials due to post-pyrogenic waste and forecasting the occurrence and spread of risks new foci of forest fires. The data obtained as a result of research can also be used during the development of mathematical models of the carbon balance in the conditions of post-pyrogenic boreal forests of the nature reserve fund of the Central Polissia zone of Ukraine.

The conclusions of the researches are that forest fires as a result of weather-climatic features in the spring-autumn period annually destroy significant areas of forests of the nature reserve fund. Pine stands of the boreal type of the Pergansky and Kopyshchansky PNDV of the Polisky Nature Reserve are the most affected by pyrogenesis. For three years after

the large-scale forest fires of 2020, in the pine forests of the Polissky Nature Reserve, there was no rapid natural forest regeneration and the return of the forest natural ecosystem to the state in which it was before. We have determined that the total intake of above-ground phytomass waste of a pine stand of a non-pyrogenic forest is 2 times higher than the similar indicators of a post-pyrogenic forest. The entry of Scots pine waste into a stable process with subsequent accumulation and formation of forest combustible materials proceeds very heterogeneously. It was established that the composition of waste in the conditions of pine fires is significantly different from those previously described in the recommendations. It was determined that it is dominated by the remains of herbaceous plants and other waste fractions, which are quite insignificant in the composition of non-pyrogenic forest waste. The annual dynamics of the intensity of waste in the pine forest did not change with a significant decrease in the mass of waste received in the autumn months. It was investigated that in a pine forest disturbed by a fire, a higher concentration of N is observed in most fractions of the forest fallout, and a steady trend towards greater accumulation of C in its separate fractions is observed. The degree of enrichment of organic material with nitrogen in the conditions of the fires of the Polisky Nature Reserve is quite high compared to the control areas, where pyrogenesis did not occur at all. This, in turn, determines faster rates of biological destruction of dry post-pyrogenic forest combustible materials and their subsequent natural preparation for possible re-ignition in the presence of appropriate weather and climate conditions. The practical use of the obtained research results consists in determining the accumulation of waste in the conditions of pine stands in post-pyrogenic territories, as well as forecasting the risks of forest fires of various types and intensities due to accumulation, natural preparation and possible repeated pyrogenesis in the boreal forest conditions of the Polissky Nature Reserve. Determining the loss of Scots pine phytomass as a result of large-scale forest

fires in 2020 in the territories of the Pergansk, Kopyshchansk PNDV of the Polissky Nature Reserve will in the future make it possible to practically determine the quantitative and qualitative composition of the fallen phytomass, evaluate its fractional composition, and determine the degree of its readiness for pyrogenesis and forecast the probable risks of the occurrence and spread of forest fires in the conditions of the Polissky Nature Reserve.

Key words: *forest, waste, Scots pine, forest fires, forest combustible materials, forecast, risk.*

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент Левченко Валерій Борисович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент Шульга Ігор Володимирович, доктор сільськогосподарських наук, професор Фучило Ярослав Дмитрович, доктор філософії Гуржій Роман Віталійович, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Романюк Алла Андріївна, старший науковий співробітник Бельська Ольга Валерівна. Відпад фітомаси сосни звичайної після масштабних лісових пожеж в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника / Малинський фаховий коледж. Україна. Малин; Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна. Київ; Житомирський агротехнічний фаховий коледж, Україна, Житомир; Поліський природний заповідник, Україна. Село Селезівка.

Обгрунтовано природно-екологічне значення лісової підстилки постпірогенного періоду в лісорослинних умовах природоохоронних науково-дослідних відділеннях (ПНДВ) Поліського природного заповідника. Проаналізовано результати стаціонарних досліджень річної кількості природного відпаду фітомаси сосни звичайної постпірогенного періоду в умовах Перганського, Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника.

Предметом роботи є визначення біологічного відпаду фітомаси сосни звичайної в умовах постпірогенезу після масштабних лісових пожеж 2020 року на територіях Перганського, Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника та практична оцінка надходження кількості відпаду фітомаси сосни звичайної після проходження масштабних лісових пожеж, а також її порівняння з вже існуючими рекомендаціями щодо визначення допустимих кількостей відпаду фітомаси соснових деревостанів, в контексті накопичення лісових горючих матеріалів та прогнозу ризиків повторного виникнення і поширення лісових пожеж як в умовах природозаповідного фонду Поліського природного заповідника, так і природозаповідного фонду зони Центрального Полісся в цілому. Апробація та репрезентація методологічних засад щодо визначення накопичення біологічного відпаду сосни звичайної в умовах Перганського, Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника в постпірогенній період, оцінка фактичної розбіжності сумарного річного надходження відпаду фіто маси в сосняках природозаповідного фонду через три роки після пожеж, що в 2,5 рази менша, ніж в лісах без впливу пірогенезу.

Метою роботи є визначення відпаду та накопичення фітомаси сосни звичайної в лісорослинних умовах Перганського, Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника після масштабних лісових пожеж 2020 року; оцінка накопичення лісових горючих матеріалів в процесі проходження відпаду фітомаси сосни звичайної в постпірогенній період, порівняння їх кількості з лісами природно-заповідного фонду зони Центрального Полісся України де не відмічено впливу пірогенезу; надання практичних рекомендацій щодо унеможливлення повторного виникнення на цих територіях лісових пожеж.

Основними методами проведення досліджень по вивченню природного відпаду фітомаси сосни звичайної на згарищах у постпірогенний період Поліського природного заповідника були:

1. Розрахунково-аналітичний по збору і обробці результатів проведення досліджень відпаду фітомаси та накопичення лісових горючих матеріалів в лісорослинних умовах Перганського, Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника, а також їх порівняння з лісами без ознак впливу пірогенезу.
2. Здійснення загального і поділяночного постпірогенного моніторингу та статистичного аналізу отриманих результатів з використанням вже існуючих методологій досліджень постпірогенезу та накопичення лісових горючих матеріалів.
3. Визначення репрезентативності та об'єктивності отриманих результатів досліджень по відношенню до всіх об'єктів природно-заповідного фонду зони Центрального Полісся України, де домінують соснові деревостани.
4. Надання практичних рекомендацій щодо контролю та обліку накопичення лісових горючих матеріалів внаслідок відпаду фітомаси сосни звичайної в постпірогенний період, та прогноз ризиків виникнення, поширення лісових пожеж в лісорослинних умовах природно-заповідного фонду України.

За результатами роботи було встановлено, що сумарне річне надходження відпаду рослинності у сосняках постпірогенного періоду через три роки після пожежі в 2,5 менше, ніж у лісах без ознак пірогенезу. Визначено, що в умовах згарищ суттєво змінюється якісний склад відпаду. Доведено, що в умовах згарищ сумарне надходження вуглецю з сосновим відпадом на контрольних пробних площах складає – $164 \text{ г/м}^2/\text{рік}$, а на згарищі - $76 \text{ г/м}^2/\text{рік}$, азоту - $1,7$ і $2,4 \text{ г/м}^2/\text{рік}$ відповідно. Виявлено, що у відпаді соснового насадження

після лісової пожежі переважають органічні залишки, що збагачені азотом. Результати проведених пірологічних досліджень свідчать про суттєву зміну процесів інтенсивності надходження відпаду в постпірогенних соснових природно-заповідних лісах.

Сферою застосування результатів проведених досліджень є об'єкти природо-заповідного фонду на прикладі Поліського природного заповідника, лісогосподарські підприємства та лісомисливські господарства, що географічно знаходяться в зоні Центрального Полісся, з метою визначення накопичення кількості лісових горючих матеріалів внаслідок постпірогенного відпаду і прогнозування ризиків виникнення та поширення нових осередків лісових пожеж. Дані, що були отримані в результаті досліджень, можуть бути також використані під час складання математичних моделей вуглецевого балансу в умовах постпірогенних бореальних лісів природно-заповідного фонду зони Центрального Полісся України.

Висновки досліджень полягають в тому, що лісові пожежі в наслідок погодно-кліматичних особливостей у весняно-осінній період щорічно знищують значні площі лісів природно-заповідного фонду. Найбільш страждають від пірогенезу соснові деревостани бореального типу Перганського та Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника. За три роки після масштабних лісових пожеж 2020 року в соснових лісах Поліського природного заповідника не відбулось стрімкого природного лісовідновлення і повернення лісової природної екосистеми до стану, у якому вона перебувала раніше. Нами визначено, що сумарне надходження надземного відпаду фітомаси соснового деревостану не пірогенного лісу в 2 рази перевищує аналогічні показники постпірогенного лісу. Вступ відпаду сосни звичайної у стійкий процес з подальшим накопиченням і формуванням лісових горючих матеріалів протікає дуже неоднорідно. Встановлено,

що склад відпаду в умовах соснових згарищ значно відрізняється від раніше описаних в рекомендаціях. Визначено, що в ньому переважають залишки трав'янистих рослин та інших фракцій відпаду, що є досить незначними у складі відпаду не пірогенного лісу. Річна динаміка інтенсивності відпаду у сосновому лісі не змінилась при суттєвому зниженні маси відпаду, що надходить у осінні місяці. Досліджено, що у порушеному пожежею сосновому лісі, спостерігається вища концентрація N у більшості фракцій лісового віпаду, і прослідковується стійка тенденція до більшого накопичення C в окремих його фракціях. Ступінь збагачення органічного матеріалу азотом в умовах згарищ Поліського природного заповідника досить висока у порівнянні з контрольними ділянками, де пірогенез не відбувався взагалі. Це в свою чергу обумовлює більш швидкі темпи біологічної деструкції сухих постпірогенних лісових горючих матеріалів і їх подальшої природної підготовки до можливого повторного загоряння при наявності відповідних погодно-кліматичних умов. Практичне використання отриманих результатів досліджень полягає у визначенні накопичення відпаду в умовах соснових деревостанів на постпірогенних територіях, а також проведення прогнозування ризиків виникнення лісових пожеж різного виду та інтенсивності внаслідок накопичення, природної підготовки та можливого повторного пірогенезу в лісорослинних бореальних умовах Поліського природного заповідника. Визначення відпаду фітомаси сосни звичайної внаслідок проходження масштабних лісових пожеж 2020 року на територіях Перганського, Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника в подальшому дасть змогу практично проводити визначення кількісного та якісного складу фітомаси, що відпала, оцінювати її фракційний склад, визначати ступінь її готовності до пірогенезу і прогнозувати ймовірні

ризиків виникнення і поширення лісових пожеж в умовах Поліського природного заповідника.

Ключові слова: ліс, відпад, сосна звичайна, лісові пожежі, лісові горючі матеріали, прогноз, ризик.

Вступ. На сьогоднішній день численні дослідження у галузі практичної лісової пірології та процесів пірогенезу в лісових екосистемах як українських, так і закордонних вчених показали, що основною причиною виникнення лісових пожеж у соснових лісах є як антропогенний, так і акумулятивний фактор. Так, саме відпад і подальше накопичення (акумуляція) рослинної фіто- маси у хвойних деревостанах зони Центрального Полісся України, її придатність до умов практичного пірогенезу, визначають сучасні ризики щодо можливого виникнення та поширення лісових пожеж. За даними Регіонального Східноєвропейського Центру моніторингу пожеж (REEFMC), загальна площа суттєво пошкоджених лісовими пожежами територій лісокористувань в Житомирській області у 2020 році, що була обчислена за індексом ΔNBR , складала 38,6 тис. га.

Через масштабні лісові пожежі 2020 року, в результаті яких лише на території лісокористувань Поліського природного заповідника вогнем було знищено 732,4 га. природоохоронних бореальних соснових лісів, гостро постало питання щодо проведення досліджень по вивченню відпаду фітомаси на згарищах, а також проведення моніторингу накопичення лісових горючих матеріалів. В свій час результатами багаторічних досліджень було встановлено, що на підвищення ймовірності виникнення лісових пожеж в бореальних лісах зони Центрального Полісся України впливає збільшення тривалості теплого періоду та зростання грозової активності. За багаторічними результатами наукових спостережень було встановлено, що найбільше

потерпають від лісових пожеж соснові ліси Житомирщини, про що свідчать сильні лісові пожежі на півночі Житомирської області у 2020 році, зокрема в лісорослинних умовах лісогосподарських філій - Овруцьке, Олевське, Коростенське та Народицьке лісові господарства. Лісові екосистеми в цих регіонах мають підвищену схильність до загорання через наявності смолистих речовин та низький вологовміст. На Поліссі найбільш вразливими до лісових пожеж є північні райони, де зосереджена основна маса штучно створених лісів. Очікується, що до кінця 2030 року на території Центральної та Східної Європи ризик пожежної небезпеки збільшиться, особливо в Центральних, Південних та Східних регіонах, зросте і ризик виникнення лісових і торф'яних пожеж, що зумовлено не лише підвищенням температури повітря, зростанням посушливості, а й збільшенням тривалості теплого періоду. Всі ці фактори пірогенезу підтверджують актуальність досліджень і консолідацію зусиль вчених у створенні та апробації методології визначення і прогнозів ризиків виникнення і поширення лісових пожеж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми. Загальновідомо, що процес всихання соснових і сосново-мішаних деревостанів, що досліджувались в умовах Поліського природного заповідника протікає дуже повільно і може бути інтенсифікований лише весняно-літньою посухою [1, с. 21-34]. В осередках масштабного всихання соснових деревостанів, як це відбулось в умовах Перганського, Копищанського природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, складаються надзвичайно сприятливі умови для розмноження як хвоегризучих, так і стовбурових шкідників, кількість яких значно збільшується в просторі і часі [2, с. 69-71]. Всі ці фактори з часом призводять до накопичення великої кількості лісових горючих матеріалів які при певних умовах, здатності до горіння, можуть викликати лісові

пожежі, в тому числі і верхові та масштабні [3, с. 100-107]. Соснові ліси займають близько 73,3% площ природно-заповідного фонду Поліського природного заповідника і є основним резервуаром вуглецю в зоні Полісся України [4, с. 173-182]. Для лісових, природних, природоохоронних екосистем Поліського природного заповідника в силу своїх природно-кліматичних особливостей зони Центрального Полісся, характерне більш динамічне, швидке, акумулятивне накопичення органічної речовини, ніж у будь-яких інших наземних природних екосистем [5, с. 77-89]. Основним і тривалим джерелом вуглецю у соснових лісах Центрального Полісся є ґрунтовий покрив [6, с. 84-98]. За даними R. K. Dixon, щодо накопичення вуглецю у різних компонентах лісових природних екосистем Півночі України і зони Центрального Полісся зокрема, рослинність бореальних лісів містить 88, а їх ґрунти - 145 Гт органічного вуглецю, що в свою чергу становить значну частину глобальних світових запасів цього елемента [7, с. 185-190]. По оцінкам L. Mukhortova et al. вміст ґрунтового органічного вуглецю в лісах України складає 471 Гт. Основними джерелами органічної речовини ґрунтів у лісових екосистемах є відпад надземної частини, лісова підстилка, кореневий відпад і легкорозкладений гумус [8, с. 3-13]. Відпад деревних порід відіграє величезну роль у житті лісових біогеоценозів, будучи важливою ланкою біологічного кругообігу, основним постачальником органічної речовини та енергії від рослини до ґрунту [9, с. 33-38]. Крім органічної маси, листя деревних порід, гілок та залишків кори, необхідно враховувати біомасу ґрунтового покриву, який також є досить важливим акумулюючим компонентом лісових природних екосистем. Відпад є джерелом вуглецю та азоту для процесів гумусоутворення, а також одним з ключових компонентів у кругообігу вуглецю та поживних речовин у лісових природних екосистемах, а особливо в соснових деревостанах природно-заповідного фонду, де природні процеси не порушені

господарською діяльністю людини [10, с. 34-76]. Порушення природних екологічних умов змінює інтенсивність і спрямованість джерел речовини та енергії в лісових екосистемах. Основним фактором, що порушує природний цикл вуглецю в соснових лісах зони Центрального Полісся України є лісові пожежі різного виду та інтенсивності [11, с. 78-84]. В глобальному масштабі, на території бореальних лісів зони Центрального Полісся України щорічно прогоряє 1200 га лісів. Тому майже всі лісові екосистемі, у тому числі і ті, які належать до природно-заповідного фонду Поліського природного заповідника, являють собою стадії після пожежних сукцесій, або мають ознаки впливу вогню [12, с. 27-53]. Основним глобальним наслідком лісових пожеж в умовах Перганського та Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника є викиди вуглецю в атмосферу [13, с. 242-258]. Ґрунти та ґрунтові органічні речовина у вигляді відпаду та лісової підстилки є першочерговими об'єктами впливу вогню. На сьогоднішній день відомо, що низові пожежі призводять до знищення надґрунтового покриву, рослинної органічної біомаси, внаслідок чого повне її відновлення та поширення видового розмаїття у постпірогенній період розтягується на 10-25 років [14, с. 56-87]. Згоряння підстилки викликає вогневі або теплові пошкодження камбію стовбура і коренів дерев, що є особливо вразливим для соснових деревостанів. Це є причиною постпірогенного відпаду соснових дерев [15, с. 64-72]. В лісових екосистемах природно-заповідного фонду з високою періодичністю пожеж лісова підстилка не накопичується. Це призводить до еродованості поверхневих горизонтів ґрунтів [16, с. 161-173]. Пожежі високої інтенсивності сприяють значному знищенню фітомаси надґрунтового покриву [17, с. 134-248]. Відновлення її відбувається дуже повільно, або на зміну знищеним вогнем лісовим природним екосистемам приходять інші рослинні угруповання [18, с. 61-75].

Формулювання мети та завдань досліджень. Предметом наших досліджень були згарища соснових деревостанів в умовах Перганського та Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника. При цьому проводився детальний аналіз відпаду фітомаси внаслідок лісових пожеж різної інтенсивності, а також вивчалось накопичення лісових горючих матеріалів та аналізувалась їх здатність до горіння. Завданням досліджень було визначення масового та фракційного складу відпаду фітомаси сосни звичайної в умовах згарищ Перганського та Копищанського ПНДВ, дослідження накопичення кількості лісових горючих матеріалів в умовах згарищ 2020 року, оцінка ймовірності повторного загоряння накопичених лісових горючих матеріалів і їх можливість викликати повторну лісову пожежу, а також складання прогнозу щодо можливих ризиків виникнення та поширення лісових пожеж в об'єктах природно-заповідного фонду Перганського, Копищанського природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника. Завданням досліджень був аналіз надходження кількості відпаду фітомаси сосни звичайної після проходження масштабних лісових пожеж, а також її порівняння з вже існуючими рекомендаціями щодо визначення допустимих кількостей відпаду фітомаси соснових деревостанів в контексті накопичення лісових горючих матеріалів та прогнозу ризиків повторного виникнення і поширення лісових пожеж як в умовах природозаповідного фонду Поліського природного заповідника, так і природозаповідного фонду зони Центрального Полісся в цілому. Доцільно було провести комплексну апробацію та репрезентацію методологічних засад щодо визначення накопичення біологічного відпаду сосни звичайної в умовах Перганського, Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника в постпірогенній період, провести оцінку фактичної розбіжності сумарного річного надходження відпаду фітомаси в сосняках

природозаповідного фонду через три роки після пожеж, яка виявилася у 2,5 рази менша, ніж в лісах без ознак пірогенезу. Під час проведення досліджень нами було обстежено постійні пробні площі в умовах згарищ 2020 року Перганського, Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника. Дослідження проводили в період з 2020-2023 роки в умовах постійних пробних площ, кожна з яких була по 0,25 га: перша – контрольна (1 П), друга – згарище 2020 року (2 П). Пробні площі розташовані в лісорослинних умовах

A₁₋₂, B₁₋₂. Опис пробних площ в умовах досліджуваних згарищ наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Таксаційні характеристики досліджуваних деревостанів в умовах постійних пробних площ Поліського природного заповідника

№ пробної площі	Склад	Деревна порода	Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Густота, шт./га
1 П	8 Сз2Бп	сосна	120	19	28	124
		береза	80	18	26	64
2 П	6 Бп4Сз	сосна	100	19	26	436
		береза	90	21	24	484

Для оцінки загального річного надходження відпаду надземної частини фітомаси та сезонної динаміки відпаду на обох пробних площах встановили 10 відпадовловлювачів. Площа кожного відпадовловлювача становила 0,98 м². Збір матеріалу проводили щомісяця в період з травня по жовтень та одноразово з листопада по квітень. На кожній пробній площі із майданчиків по 1 м² у 10-кратній повторності проводили зрізання всіх рослин надґрунтового покриву. Зібраний матеріал трав'янисто-чагарникового ярусу поділяли на однорічні рослини, які включали у фракцію відпаду ґрунтового покриву, і багаторічні (мохи та брусничники), що входили до складу укосів і їх враховували окремо, за виключенням відмерлих частин, які також включали у відпад надґрунтового покриву.

Відібраний рослинний матеріал при необхідності підсушували до повітряно-сухого стану і розподіляли за фракціями: «листя», «хвоя», «гілки», «трава» (відпад однолітніх рослин ґрунтового покриву), «інші» (мох, лусочки, вугілля, комахи, гриби, насіння, кора тощо). Отримані зразки висушували до постійної маси при $t=60^{\circ}\text{C}$ і зважували. Для визначення вмісту органічного вуглецю та азоту у відпаді кожної фракції, рослинні рештки подрібнювали в повному обсязі до стану пудри, потім відбирали середній зразок. З відібраного середнього зразка відбирали зразок для аналізу. Вміст органічного вуглецю та азоту визначали методом каталітичного окислення на приладі TOC-L Shimadzu (Японія). Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням пакету математичного аналізу в Microsoft Excel 2022.

Виклад основного матеріалу статті. Лісові пожежі в бореальних лісах Поліського природного заповідника порушують структуру надземної частини екосистеми, суттєво змінюючи її функціонування. Внаслідок інтенсивних низових пожеж, а також у після пожежний період відбувається відпад деревостану, що призводить до зниження сумарного щорічного надходження відпаду в лісових екосистемах. В результаті проведених досліджень в лісорослинних умовах A_{1-2} , B_{1-2} Перганського, Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника встановлено, що основна частина відпаду формується з відмираючих органів надземної фітомаси деревостану. Листовому відпаду належить найбільш роль формуванні лісової підстилки. За оцінками Л. Є. Родіна та М. І. Базілевич (2020), кількість листяного відпаду в лісах зони Центрального Полісся України складає 30-66% повного відпаду цих лісів.

За результатами проведеного математичного аналізу отриманих результатів ми встановили, що частка листової фракції у загальній масі відпаду непорушених бореальних лісів Поліського природного заповідника складає 71%, тобто на частку відпаду трави, чагарників та

інших фракцій припадає <30% загальної кількості відпаду. В наших дослідженнях стійка низова пожежа 2020 року призвела до повного відпаду берези повислої і значної частини сосни звичайної на пробній площі 1 П. При проведенні детальних досліджень було встановлено, що життєздатність зберегли тільки пристигаючі та стиглі дерева сосни звичайної. Тому після пожежі через 3 роки спостерігаються суттєві відмінності загального надходження відпаду на згарищі та в умовах контрольної пробної площі 2 П. Сумарне надземне надходження відпаду в досліджуваних лісових екосистемах становить 363 г/м²/рік на пробній площі 2П, і 159 г/м²/рік на пробній площі 1П відповідно (рис. 1 а).

Внаслідок стійкої низової пожежі та подальшої зміни у складі деревостану і ґрунтового покриву, відбулося зниження загального надходження органічної речовини від надземної частини природної лісової екосистеми більше ніж в 2 рази. Кількість відпаду деревного ярусу в умовах згарища було нижче в 2,8 рази в порівнянні з контрольною пробною площею за рахунок повного відпаду берези і значної частини сосни звичайної. В умовах лісового згарища Перганського ПНДВ спостерігається суттєва зміна природних співвідношень фракцій відпаду, що обумовлена характером постпірогенного відновлення рослинності (рис. 1 б).

На пробній площі П1 відпад деревного ярусу становить понад 80% від загальної кількості відпаду з домінуванням листя берези повислої. На пробній площі П2 частка відпаду деревного ярусу дуже незначна і становить менше половини сумарного річного відпаду або фракційність берези і хвої сосни відрізняються незначною кількістю. Щорічно відмираючі залишки трав'янистої рослинності та інші рослинні залишки роблять найбільший внесок у надходження органічної речовини у біоценоз згарища. Фракція гілок у складі відпаду у лісі без ознак пірогенезу становить близько 20%, а в згарищах цей показник не

перевищує 7%. Сумарний щорічний відпад надземної фітомаси на досліджуваних пробних площах має подібний фракційний склад, при цьому частка участі фракцій значно відрізняється. Так, відпад в умовах П 1 характеризується поступовим зменшенням частки фракцій у складі загальної кількості відпаду в ряду: листя-хвоя-гілки-трава-інші фракції (33, 26, 21, 11, 9% відповідно). Однак у відпаді лісу, що зазнав дії лісової пожежі, ці пропорції істотно змінені. Тут переважає відпад трави, а також відзначається зменшення частки фракцій у зворотному порядку: трава-інші фракції-хвоя-листя-гілки (28, 23, 22, 20, 7% відповідно).

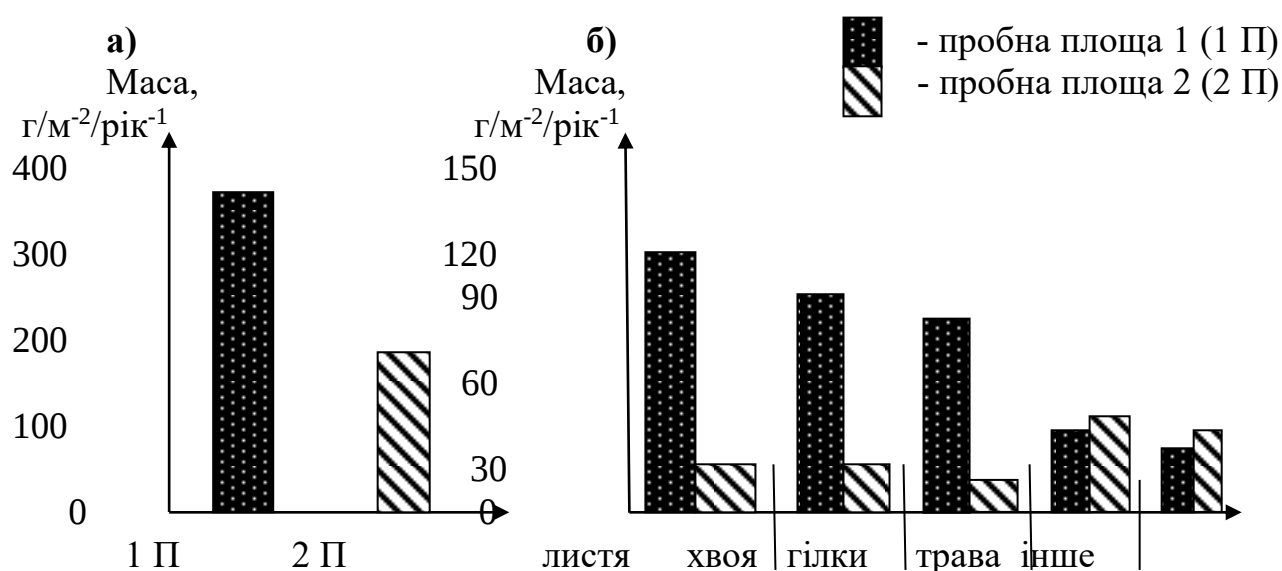


Рис. 1. Сумарна кількість (а) та фракційний склад (б) відпаду на досліджуваних площах в умовах ПНДВ Поліського природного заповідника (середнє за 2020 – 2023 рр.).

Нижні яруси рослинності відіграють важливу роль в циркуляції поживних речовин у лісових екосистемах. Їхня частка в загальному відпаді велика, особливо на ранніх етапах постпірогенних сукцесій, коли кількість світла, що потрапляє на поверхню ґрунту згарища найбільша, та рослинний покрив нижніх ярусів розвивається найбільш інтенсивно. У наших дослідженнях, біомаса трав'янистого ярусу на обох пробних площах відрізняється несуттєво. При цьому кущовий ярус згарища з

домінуванням брусничника *Vaccinium vitis-idaea* L. представляє основну частину ґрунтового покриву. Біомаса брусниці перевищує масу трав'яного покриву в 2,6 рази і становить 117 г/м^2 , а на контрольній пробній площі біомаса цього ярусу не перевищує 25 г/м^2 при біомасі трав'янистого покриву близько 40 г/м^2 . Відновлення брусничника разом з трав'янистими видами після пожеж середньої інтенсивності в Перганському та Копищанському ПНДВ середньої інтенсивності, характерно для згарищ у сосняках зони Центрального Полісся України, що відзначено у роботах Е. Ф. Ведрової (2010, 2020) та Н. М. Ковальнової (2022). Брусниця як вічнозелена рослина характеризується незначним надземним відпадом, який не вносить суттєвий внесок у загальне щорічне надходження надземної фітомаси, що опадає в досліджуваних нами лісових природних угрупованнях.

Максимальне надходження органічної речовини як в умовах згарищ, так і на контрольних пробних площах спостерігається у жовтні, проте абсолютні значення різняться у 3,7 рази (43 та 157 г/м^2 відповідно в розрізі пробних площ). На липень припадає мінімальне надходження органічної речовини, тим часом різниця зареєстрованих показників на досліджуваних пробних площах значно менша ($3,23$ та $6,27 \text{ г/м}^2$ відповідно). Кількість відпаду, що надходить від деревини в період з липня по вересень на досліджуваних пробних площах відрізняється несуттєво – різниця не перевищує 2 г/м^2 . В осінньо-зимовий період на контрольній пробній площі спостерігається значне збільшення надходження органічного матеріалу, що пов'язано з сезонним опаданням листя та хвої деревних порід. Подібна сезонна динаміка надходження відпаду характерна для лісів Поліського природного заповідника і зон Центрального Полісся зокрема, що відзначена в ряді українських і закордонних робіт (Xu, Shibata, 2017; Watanabe et al., 2019). Істотна

різниця в масі відпаду в осінній період свідчить про зміну продуктивності досліджуваних соснових деревостанів під впливом лісової пожежі.

Склад хімічних елементів у фракціях відпаду багато в чому впливає на склад та якість органічної речовини ґрунтів. Так, вуглець і азот, що є основою органічної речовини в різних фракціях відпаду досліджуваних пробних площ накопичуються по-різному (таблиця 2).

Максимальна концентрація вуглецю на обох пробних площах відзначається у здерев'янілих фракціях (гілки та інші залишки). Це зумовлено підвищеним вмістом у них целюлози. Мінімальний вміст вуглецю відрізняються у залишках трави. В умовах згарища 2020 року Перганського ПНДВ, спостерігається стійка тенденція до збільшення концентрації вуглецю в окремих фракціях відпаду, крім листя та трави. Вміст азоту у фракціях відпаду змінюється в досить широких межах (мінімальний вміст відмічено у хвої – 0,29%, а максимальний – у фракціях «інше» та «трава» – 1,36 та 1,55 %).

Таблиця 2

**Концентрація вуглецю та азоту у різних фракціях відпаду
в умовах досліджуваних постійних пробних площ
Перганського та Копищанського ПНДВ
Поліського природного заповідника (середнє за 2021-2023 рр.).**

Фракція відпаду	Вуглець, %		Азот, %		Вуглець/Азот (C/N)	
	П 1	П 2	П 1	П 2	П 1	П 2
трава	41,03	39,91	1,55	1,36	26	29
листя	48,92	48,65	0,46	0,50	106	97
хвоя	48,13	50,43	0,29	0,46	166	110
гілки	49,45	53,58	0,61	0,92	81	58
інше	51,56	52,13	1,36	1,89	38	28
Hip ₀₀₅	1,24	1,27	1,29	1,34	1,28	1,36

Фракції відпаду в умовах згарища за ступенем забезпечення азотом розташовуються в аналогічному ряду при вищих абсолютних концентраціях. В середньому концентрація азоту у відпаді вища, порівняно з контролем. Відношення вуглецю / азоту, що характеризує

якість органічного матеріалу у відпаді обох пробних площ, варіює у дуже широких межах. Найбільш високими співвідношеннями характеризуються листя і хвоя деревних порід. У хвої сосни звичайної на контрольній пробній площі співвідношення C/N наближається до 170, у насадженні після пірогенного впливу, цей показник не перевищує 110. Гілки та інші рослинні залишки характеризуються більшим збагаченням азоту, а залишки трав'янистих рослин мають найменше співвідношення C/N серед фракцій відпаду, що нами вивчались. Значні співвідношення між C/N характерні для відпаду в бореальних лісах і відзначені в багатьох дослідженнях. Так, у відпаді хвойних лісів Канади відзначається співвідношення відносини

C/N в хвої до 157, у листовому відпаді та травах – близько 60 та 20 відповідно (Preston et al., 2016). У дослідженнях складу лісового відпаду на Півночі Китаю встановлено співвідношення C / N для хвої, що дорівнює 118 (Wang et al., 2019). Як показав метаналіз С. Е. Prescott (2020), що був проведений за результатами 70 опублікованих досліджень, співвідношення C/N поряд з загальною концентрацією елементів живлення у вихідному відпаді має більший вплив на швидкість розкладання органічної речовини, ніж температура і вологість, які раніше вважалися визначальними у цьому процесі. Отримані в ході наших досліджень результати свідчать про високе збагачення азотом залишків трави та фракції «інше». Враховуючи визначальну роль цих фракцій у формуванні відпаду в умовах згарища, можна припустити, що процеси біодеструкції органічної речовини у ґрунтах постпірогенезу сосняків Перганського та Копищанського ПНДВ проходять інтенсивніше.

Загальна кількість вуглецю, що надходить з відпадом на контрольній площі, дорівнює 174 г/м²/рік; кількість вуглецю, що надходить з відпадом після пожежі знижується в 2,2 рази і складає 76 г/м²/рік. Сумарне річне надходження азоту з надземним відпадом у

сосновому згарищі та контрольній пробній площі розрізняються в 1,4 рази на користь останньої: 1,7 та 2,4 г/м²/рік відповідно. Це зумовлено тим, що за менших сумарних показників біомаси віпаду в умовах згарища, воно характеризується більш високими концентраціями азоту. На контрольній пробній площі 85% вуглецю поступає з фракціями деревного відпаду, а в умовах згарища Перганського ПНДВ з відпадом деревних видів надходить менше половини всього вуглецю.

Висновки та перспективи подальших досліджень у цьому напрямку.

1. Встановлено, що лісові пожежі на територіях Перганського та Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника в силу погодно-кліматичних особливостей весняно-осіннього періоду щорічно піддають пірогенному впливу 35-45% лісів даного природно-заповідного фонду.

2. Визначено, що в окремі роки в результаті активної пірогенної діяльності, вогневому впливу піддаються соснові деревостани різних вікових груп на площах від 75-240 га.

3. Досліджено, що тривалий постпірогенний період в умовах Перганського та Копищанського ПНДВ не сприяв інтенсивному природному відновленню соснового деревостану після масштабної лісової пожежі 2020 року.

4. Досліджено, що сумарне надходження надземного відпаду в умовах постійних закладених пробних площ в 2 рази перевищує аналогічні показники постпірогенного лісу.

5. Визначено, що за фракційним складом відпад фітомаси в умовах соснового згарища значно відмінний, так як в його фракційному складі переважають залишки трав'янистих рослин.

6. Досліджено, що в умовах соснового згарища спостерігається більша концентрація азоту у трав'янистій фракції. Прослідковується

стійка тенденція до більшого накопичення вуглецю у листяному та брусничниковому відпаді.

7. Доведено, що ступінь збагачення органічного матеріалу азотом в умовах згарища набагато вищий, тому це передбачає більш високі темпи біологічної деструкції органічного матеріалу.

Література:

1. Базилевич Н. І., Титлянова А. А. (2020). *Методи вивчення біологічного кругообігу в різних природних зонах*. Київ, Либідь, 185 с.
2. Бобкова К. С., Ситник В. В. (2022). *Вміст вуглецю і калорійність органічної речовини в лісових екосистемах зони Центрального Полісся України*. Екологія. № 1. С. 69–71.
3. Брянський С. В., Прокопчук В. Ф. (2021). *Формування лісових підстилок в суборових лісах Полісся України*. Збірник наукових праць УкрНДІЛГА України. № 2. С. 100–107.
4. Ведрова О. Ф. (2018). *Інтенсивність деструкції органічної речовини лісових ґрунтів в природних лісових екосистемах Центрального Полісся України*. Ґрунтознавство. № 8. С. 173–182.
5. Ведрова О. Ф. (2022). *Біогенні шляхи вуглецю в бореальних лісах природно-заповідного фонду України*. Біологічний журнал. № 1. С. 77–89.
6. Волокітіна А. В. (2020). *Методичні аспекти характеристики лісових ділянок після пожеж*. Агроекологія. № 3 (31). С. 84–98.
7. Dixon R. K., Brown S., Houghton R. A., Solomon A. M., Trexler M. C., Wisniewski J. (2019). *Carbon pools and flux of global forest ecosystems*. Science. V. 263. P. 185–190.
8. Евдокіменко М. Д. (2021). *Запаси вуглецю в органічній речовині постпірогенних сосняків Полісся України*. Збірник наукових праць УкрНДІЛГА України. Вип. №5. С. 3–13.

9. Жила С. В., Іванова Г. А., Кукавська Е. А. (2019). *Трансформація біомаси надґрунтового покриву під впливом пожеж в соснових лісах Полісся України*. Вісник ДБУ. № 3. С. 33–38.
10. Конард С. Г. (2020). *Оцінка та моніторинг впливу пожеж на емісію вуглецю та компоненти лісових екосистем природно-заповідного фонду України*. Нак. прац. УкрНДІЛГА України. 687 с.
11. Куделя Г. А., Заварзін С. А., Благодатський В. Н. (2021). *Шляхи вуглецю в надземних екосистемах України*. Київ. Наука, 315 с.
12. Levchenko V. B., Shulga I. V., Zalevsky R. A., Bezverkha L. M. (2018). *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*. Innovative solutions in modern science. № 8 (27). Dubai-2018. p. 27 – 53.
13. Lai R. (2020). *Forest soils and carbon sequestration*. Biological. V. 220. P. 242–258.
14. Пачаури Р. К., Райзінгер А. (2007). *Вивчення клімату. Узагальнююча доповідь. Внесок робочої групи I, II, III в Четверту доповідь про оцінку Міжурядової групи експертів по вивченню клімату*. Київ. Нукова думка, 104 с.
15. Родін Л. Е., Ремезов Н. П., Базілевич Н. И. (2022). *Методичні вказівки щодо проведення досліджень динаміки та біологічного кругообігу азоту у фітоценозах*. Київ. Наука, 143 с.
16. Santin C., Doerr S. H., Preston C. M., Gonzalez-Rodriguez G. (2022). *Pyrogenic organic matter production from wildfires: A missing sink in the global carbon cycle*. Glob. Ch. Biol. V. 21. P. 161–173.
17. Wang W., Zhang X., Tao N., Ao D., Zeng W., Qian Y., Zeng H. (2020). *Effects of litter types, microsite and root diameters on litter decomposition in Pinus sylvestris plantations of northern China*. Plant Soil. V. 374. P. 677–688.

18. Zibtsev S. (2010). *Ukraine forest fire report*. International Forest Fire News (IFFN), 40, P. 61–75.

References:

1. Bazylevych N. I., Tytlianova A. A. (2020). Metody vyvchennia biolohichnoho kruhoobihu v riznykh pryrodnykh zonakh. Kyiv, Lybid, 185 s. [in Ukrainian].
2. Bobkova K. S., Sytnyk V. V. (2022). Vmist vuhletsu i kaloriinost orhanichnoi rechovyny v lisovykh ekosystemakh zony Tsentralnoho Polissia Ukrainy. *Ekolohiya*. № 1. S. 69–71. [in Ukrainian].
3. Brianskyi S. V., Prokopchuk V. F. (2021). Formuvannia lisovykh pidstylok v suborovykh lisakh Polissia Ukrainy. *Zbirnyk naukovykh prats UkrNDILHA Ukrainy*. № 2. S. 100–107. [in Ukrainian].
4. Vedrova O. F. (2018). Intensyvnist destrukttsii orhanichnoi rechovyny lisovykh hruntiv v pryrodnykh lisovykh ekosystemakh Tsentralnoho Polissia Ukrainy. *Hruntoznavstvo*. № 8. S. 973–982. [in Ukrainian].
5. Vedrova O. F. (2022). Biohenni shliakhy vuhletsu v borealnykh lisakh pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy. *Biolohichni zhurnal*. № 1. S. 77–89. [in Ukrainian].
6. Volokitina A. V. (2020). Metodichni aspekty kharakterystyky lisovykh dilianok pislia pozhezh. *Ahroekolohiia*. № 3 (31). S. 84–98. [in Ukrainian].
7. Dixon R. K., Brown S., Houghton R. A., Solomon A. M., Trexler M. C., Wisniewski J. (2019). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*. V. 263. P. 185–190. [in English].
8. Evdokimenko M. D. (2021). Zapasy vuhletsu v orhanichnii rechovyni postpirohennykh sosniakiv Polissia Ukrainy. *Zbirnyk naukovykh prats UkrNDILHA Ukrainy*. Vyp. №5. S. 3–13. [in Ukrainian].

9. Zhyla S. V., Ivanova H. A., Kukavska E. A. (2019). Transformatsiia biomasy nadgruntovoho pokryvu pid vplyvom pozhezh v sosnovykh lisakh Polissia Ukrainy. Visnyk DBU. № 3. S. 33–38. [in Ukrainian].
10. Konard S. H. (2020). Otsinka ta monitorynh vplyvu pozhezh na emisiu vuhletsiu ta komponenty lisovykh ekosystem pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy. Nak. prats. UkrNDILHA Ukrainy. 687 s. [in Ukrainian].
11. Kudelia H. A., Zavarzin S. A., Blahodatskyi V. N. (2021). Shliakhy vuhletsiu v nadzemnykh ekosystemakh Ukrainy. Kyiv. Nauka, 315 s. [in Ukrainian].
12. Levchenko V. B., Shulga I. V., Zalevsky R. A., Bezverkha L. M. (2018). 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. Innovative solutions in modern science. № 8 (27). Dubai-2018. r. 27 – 53. [in English].
- Lai R. (2020). Forest soils and carbon sequestration. Biological. V. 220. P. 242–258. [in English].
13. Pachaury R. K., Raizinher A. (2007). Vyvchennia klimatu. Uzahaliuniuiucha dopovid. Vnesok robochoi hrupy I, II, III v Chetvertu dopovid pro otsinku Mizhuriadovoi hrupy ekspertiv po vyvchenniu klimatu. Kyiv. Nukova dumka, 104 s. [in Ukrainian].
14. Rodin L. E., Remezov N. P., Bazilevych N. Y. (2022). Metodychni vkazivky shchodo provedennia doslidzhen dynamiky ta biolohichnoho kruhoobihu azotu u fitotsenozakh. Kyiv. Nauka, 143 s. [in Ukrainian].
15. Santin C., Doerr S. H., Preston C. M., Gonzalez-Rodriguez G. (2022). Pyrogenic organic matter production from wildfires: A missing sink in the global carbon cycle. Glob. Ch. Biol. V. 21. P. 142–1633. [in English].

16. Wang W., Zhang X., Tao N., Ao D., Zeng W., Qian Y., Zeng H. (2020). Effects of litter types, microsite and root diameters on litter decomposition in *Pinus sylvestris* plantations of northern China. *Plant Soil*. V. 374. P. 134–248. [in English].
17. Zibtsev S. (2010). Ukraine forest fire report. *International Forest Fire News (IFFN)*, 40, 61–75. [in English].

Citation: Valery Levchenko, Igor Shulga, Yaroslav Fuchylo, Roman Gurzhii, Alla Romanyuk, Olga Belska (2024). FALL OF PINE PHYTOMASS AFTER LARGE-SCALE FOREST FIRES IN THE CONDITIONS NATURE PROTECTION SCIENTIFIC RESEARCH DEPARTMENTS POLISKY NATURE RESERVE . Frankfurt. TK Meganom LLC. *Paradigm of knowledge*. 1(59). doi: 10.26886/2520-7474.1(59)2024.1

Copyright Valery Levchenko, Igor Shulga, Yaroslav Fuchylo, Roman Gurzhii, Alla Romanyuk, Olga Belska ©. 2024. This is an openaccess article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.