

II. AGRICULTURE AND FORESTRY

DOI 10.26886/2520-7474.1(71)2026.2

UDC: 630*23,68.47.45.11: 630*23*228*232.44

**METHODOLOGIES AND SCIENTIFIC AND PRACTICAL INNOVATIONS
OF THE APPLICATION OF DIGITAL MODELING FOR THE ANALYSIS OF
METEOROLOGICAL INFORMATION REGARDING FOREST
PATHOLOGICAL, FOREST ENTOMOLOGICAL, FOREST PYROLOGICAL
MONITORING IN THE CONDITIONS OF NATURE CONSERVATION
SCIENTIFIC AND RESEARCH DEPARTMENTS OF THE POLISKY
NATURE RESERVE AND SE «SNOVSKRAYAGROLISHOSP»**

**Valery Levchenko, 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: shoolga64@ukr.net

Yaroslav Fuchylo, Doctor of agricultural sciences, Professor

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

e-mail: fuchylo_yar@ukr.net

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

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

e-mail: allaromaniuk1960@gmail.com

Petro Trofymenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

<https://orcid.org/0000-0002-7692-5785>

e-mail: trofimenkopetr@ukr.net

Andrii Koliada, Ph. D. Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-7605-8100>

e-mail: ankol_ne@ukr.net

Svitlana Hornovska, Ph. D. Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-8244-3523>

e-mail: gornovskayasvetlana@ukr.net

Marina Karpovych, Ph. D. Candidate of Agricultural Sciences

<https://orcid.org/0000-0002-4159-5499>

e-mail: marinakarpovich1990@gmail.com

Ulyana Kotlyarevska, Candidate of Agricultural Sciences

<https://orcid.org/0009-0004-2585-9361>

e-mail: ulyana.kotlyarevska@gmail.com

Inna Zhuravska, Ph. D. Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-9332-1134>

e-mail: innazhuravska1@gmail.com

National University «Chernihiv Colehium» im. T. H. Shevchenko, Ukraine, Chernihiv.

The Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine, Kyiv.

Zhytomyr Agrotechnical Vocational College, Ukraine, Zhytomyr.

National University «Chernihiv Colehium» im. T. H. Shevchenko, Ukraine, Chernihiv.

National University «Chernihiv Colehium» im. T. H. Shevchenko, Ukraine, Chernihiv.

Bila Tserkva National Agrarian University, Ukraine, Bila Tserkva.

Malyn Vocational College, Ukraine, Malin.

National University «Chernihiv Colehium» im. T. H. Shevchenko, Ukraine, Chernihiv.

Zhytomyr Agrotechnical Vocational College, Ukraine, Zhytomyr.

Innovative methodological approaches using analytical and digital technologies for determining the current and forecast of the future forest pathological, forest entomological, and forest pyrological state of the main forest-forming species in the context of changing weather conditions and climatic impact on the forest vegetation conditions of the nature reserve fund of the Perhansky, Kopyshchansky, Selezivsky nature conservation research departments (PNDV) of the Polissya Nature Reserve and the State Enterprise «Snovskrayagrolisgosp» are substantiated. A practical approbation of the application of digital modeling for the analysis of meteorological information for the assessment of forest pathological, forest entomological, and forest pyrological monitoring was carried out in the conditions of both the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve and the State Enterprise "Snovskrayagrolisgosp" of stands of Scots pine, downy birch, common spruce, black alder, and common aspen in forest vegetation conditions A_{1-2} , B_{2-3} , C_{2-3} . The effectiveness of the method of digital assessment of the general forest pathological, entomological, and forest pyrological condition of trees was analyzed, as the main factor in monitoring the impact of weather conditions and climatic factors on preventing the further spread of pest and disease foci, the accumulation of forest combustible materials, and as a result, the occurrence and spread of forest fires. The effectiveness of the application of digital modeling for the analysis of meteorological information for the assessment of forest pathological, forest entomological, and forest pyrological monitoring in the conditions of both the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve and the SE "Snovskrayagrolishosp" was determined. The scientific and

research effectiveness of the proposed digital modeling methodology for the objective assessment of the current sanitary condition of pine-birch, birch-alder, birch-aspen, alder-aspen stands in forest vegetation conditions A₁₋₂, B₂₋₃, C₂₋₃ of the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve and the SE «Snovskrayagrolishosp» was assessed.

The subject of the work is the practical testing of the methodology of digital modeling for the analysis of meteorological information regarding the possibility of assessing forest pathological, forest entomological, and forest pyrological monitoring in the conditions of both the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve and the SE «Snovskrayagrolisgosp», determining the effectiveness and improvement of modern methodological approaches to the practical application of digital methods for determining the current phytosanitary, forest pyrological state of tree plantations using the results of the examination, as well as providing practical recommendations regarding the possibility of further application of the proposed methodology both in research institutions and in the conditions of forest protection, forest assessment production institutions and organizations. A practical comparison of the results of the application of the recommended methodology for digital modeling of meteorological information analysis for the assessment of forest pathological, forest entomological, forest pyrological monitoring, with the results of currently generally accepted methods for determining the forest pathological, forest entomological, forest pyrological state of trees in the conditions of the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve and the SE «Snovskrayagrolisgosp». Approbation of the proposed methodology for digital modeling of meteorological information analysis for the assessment of forest pathological, forest entomological, forest pyrological monitoring in the conditions of the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve and the SE «Snovskrayagrolisgosp».

The aim of the work is a comprehensive comparative assessment of the effectiveness of the digital methodology proposed by us in forest vegetation conditions A_{1-2} , B_{2-3} , C_{2-3} of the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve and the State Enterprise «Snovskrayagrolisgosp» with generally accepted methodologies for determining the forest pathological, forest entomological, and forest pyrological state, as well as the possibility of its practical implementation.

The main methods of conducting research on the study and practical testing of the methodology for applying digital modeling to analyze meteorological information for assessing forest pathological, forest entomological, and forest pyrological monitoring in the conditions of the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve and the State Enterprise «Snovskrayagrolisgosp» were:

1. Calculation and analytical for collecting and processing the results of research on the methodology proposed by us for applying digital modeling to analyze meteorological information for assessing forest pathological, forest entomological, and forest pyrological monitoring, as well as existing monitoring methods in forest vegetation conditions A_{1-2} , B_{2-3} , C_{2-3} of the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve and the State Enterprise «Snovskrayagrolisgosp».

2. Conducting phytopathological, entomological, pyrological examination of tree stands in conditions A_{1-2} , B_{2-3} , C_{2-3} of the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve and the State Enterprise «Snovskrayagrolisgosp», comparing the results obtained with the results of existing methodologies used by research institutions, production units of the State Enterprise «Forests of Ukraine» for monitoring, identifying signs of diseases, damage by pests, scorching from forest fires of various types and intensities, statistical analysis of the results obtained,

comparing them with the results of using existing methodologies in the conditions of the Central and Eastern Polissya zone as a whole.

3. Assessment of the representativeness and objectivity of the obtained research results in relation to all research objects.

4. Testing of the proposed methodology for applying digital modeling to analyze meteorological information for assessing forest pathological, forest entomological, and forest pyrological monitoring in the conditions of both the Polissya Nature Reserve and the SE «Snovskrayagrolisgosp».

According to the results of the work, it was established that the methodology for applying digital modeling to analyze meteorological information for the assessment of forest pathological, forest entomological, and forest pyrological monitoring will further provide an opportunity to determine the current sanitary, pyrological, and entomological state of forest ecosystems in the conditions of nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve, as well as production units, using the example of the SE «Snovskrayagrolisgosp». It was established that the practical application of the proposed methodology will further provide a practical opportunity to predict the occurrence and spread of forest diseases and pests, foci of forest fires due to the accumulation of forest combustible materials in other territories of both the objects of the nature reserve fund of the Polissya Nature Reserve and the SE «Snovskrayagrolisgosp», as an example. It was determined that the proposed methodology provides a practical opportunity to make forecasts regarding the possibility of the occurrence and spread of diseases, pests, and forest fires, taking into account meteorological information and climatic factors, including those dangerous to humans, in the conditions of both the environmental research departments of the Polissya Nature Reserve and the SE «Snovskrayagrolisgosp».

The scope of application of the research results is the nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve, the objects of the

Nature Conservation Fund of Ukraine, research institutions and organizations, production forest protection enterprises, forestry enterprises of the State Enterprise «Forests of Ukraine» located in the zone of Central and Eastern Polissya.

The conclusions of the research are that today, due to weather and climate changes in natural forest ecosystems, nature conservation research departments of the Polissya Nature Reserve, production units of the State Enterprise «Snovskrayagrolisgosp», such pathogenic pathogens as root sponge, pine sponge, resin cancer, diseases of tree trunks and crowns, root and heart rot of birch wood have become widespread in the form of epiphytoses, spreading over large areas. All this creates favorable conditions for the development and spread of forest stem pests, as well as the accumulation of forest combustible materials due to wood waste and, as a result, forest fires. The proposed methodology for applying digital modeling to analyze meteorological information to assess the current and prospective forest pathological, forest entomological, and forest pyrological state is based on the use of silvicultural, phytopathological, entomological, pyrological, and taxonomic methods to determine the damage to forest stands in the conditions of both nature conservation research departments, on the example of the Polissya Nature Reserve, in forest vegetation conditions A_{1-2} , B_{2-3} , C_{2-3} , and production units of the State Enterprise «Snovskrayagrolisgosp», which will further provide a practical opportunity to conduct timely and effective express monitoring of the current and prospective sanitary condition of forests, to design and implement measures in advance to prevent the occurrence of epiphytoses of pathogens, the spread of dangerous forest pests, and to reduce the risks of the occurrence and spread of forest fires in the forest vegetation conditions of the Central and Eastern Polissya zone of Ukraine as much as possible. The methodology we have proposed will allow us to make timely, rational and effective forest pathological, lyoentomological,

forest pyrological forecasts of the occurrence of disease foci, pest reproduction, forest fires, assess the destruction and damage of forest stands, determine potential economic losses from the pathogenesis of diseases, entomological activity of pests and, as a consequence, forest fires. The practical use of the proposed methodology will allow us to predict and determine foci of mass epiphytoses of root and pine sponge pathogens, a complex of tree trunk and crown diseases, the occurrence and large-scale spread of forest. The proposed methodology for applying digital modeling to analyze meteorological information to assess the current and prospective forest pathological, forest entomological, and forest pyrological state makes it possible to design and timely conduct research, practical, and preventive measures to limit the spread of extremely dangerous pathogens, forest pests, and forest fires in the conditions of both the environmental research departments of the Polissya Nature Reserve and the production units of the State Enterprise «Snovskrayagrolisgosp».

Key words: *forest, methodology, meteorology, climate, innovation, digital technologies, forest pathology, phytophagous insects, forest fires, forecast, forest protection.*

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент Левченко Валерій Борисович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент Шульга Ігор Володимирович, доктор сільськогосподарських наук, професор Фучило Ярослав Дмитрович, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Романюк Алла Андріївна, доктор сільськогосподарських наук, професор Трофименко Петро Іванович, кандидат педагогічних наук, доцент Коляда Андрій Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент Горновська С. В., кандидат сільськогосподарських наук Карпович М. С., кандидат сільськогосподарських наук Котляревська У. М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент Журавська Інна

Анатоліївна / Методології та науково-практичні інновації застосування цифрового моделювання для проведення аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника та ДП «Сновськаагролісгосп» / Національний університет «Чернігівський колегіум» ім. Т. Г. Шевченка, Україна. Чернігів; Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії наук України, Україна, Київ; Житомирський агротехнічний фаховий коледж, Україна, Житомир; Національний університет «Чернігівський колегіум» ім. Т. Г. Шевченка, Україна, Чернігів; Білоцерківський національний аграрний університет, Україна, Біла Церква; Малинський фаховий коледж, Україна, Малин; Національний університет «Чернігівський колегіум» ім. Т. Г. Шевченка, Україна, Чернігів; Житомирський агротехнічний фаховий коледж, Україна, Житомир

Обґрунтовано інноваційні методологічні підходи з використанням аналітико-цифрових технологій щодо визначення поточного та прогнозу подальшого лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного стану основних лісоутворюючих порід в контексті зміни погодних умов та кліматичного впливу в лісорослинних умовах природно-заповідного фонду Перганського, Копищанського, Селезівського природоохоронних науково-дослідних відділень (ПНДВ) Поліського природного заповідника та ДП «Сновськаагролісгосп». Проведено практичну апробацію застосування цифрового моделювання для аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки проведення лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу в умовах як природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, так й ДП «Сновськаагролісгосп» відносно деревостанів сосни звичайної, берези повислої, ялини

звичайної, вільхи чорної, осики звичайної в лісорослинних умовах A_{1-2} , B_{2-3} , C_{2-3} . Проаналізовано ефективність застосування методу цифрової оцінки загального лісопатологічного, ентомологічного, лісопірологічного стану дерев, як основного фактору моніторингу впливу погодних умов та кліматичних чинників щодо унеможливлення подальшого поширення осередків шкідників, хвороб, накопичення лісових горючих матеріалів і як наслідок – виникнення та поширення лісових пожеж. Визначено ефективність застосування цифрового моделювання для аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу в умовах як природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, так й ДП «Сновськаагролісгосп». Оцінено науково-дослідну ефективність запропонованої методології цифрового моделювання щодо об'єктивної оцінки поточного санітарного стану сосново-березових, березово-вільхових, березово-осикових, вільхово-осикових деревостанів в лісорослинних умовах A_{1-2} , B_{2-3} , C_{2-3} природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника та ДП «Сновськаагролісгосп».

Предметом роботи є практична апробація методології цифрового моделювання для аналізу метеорологічної інформації щодо можливості оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу в умовах як природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, так й ДП «Сновськаагролісгосп», визначення ефективності і удосконалення сучасних методологічних підходів щодо практичного застосування цифрової методики щодо визначення поточного фітосанітарного, лісопірологічного стану деревних насаджень з використанням результатів експертизи, а також надання практичних рекомендацій

щодо можливості подальшого застосування запропонованої методології як в науково-дослідних установах, так і в умовах лісозахисних, лісотаксаційних виробничих установ і організацій. Проведено практичне порівняння результатів застосування рекомендованої методології цифрового моделювання аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу, з результатами загальноприйнятих на сьогоднішній день методик по визначенню лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного стану дерев в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника та ДП «Сновськрайагролісгосп». Апробація запропонованої методології цифрового моделювання аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника та ДП «Сновськрайагролісгосп».

Метою роботи є комплексна порівняльна оцінка ефективності запропонованої нами цифрової методології в лісорослинних умовах А₁₋₂, В₂₋₃, С₂₋₃ природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника та ДП «Сновськрайагролісгосп» з загальноприйнятими методологіями визначення лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного стану, а також можливості її практичного впровадження.

Основними методами проведення досліджень по вивченню та практичній апробації методології застосування цифрового моделювання для проведення аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень

Поліського природного заповідника та ДП «Сновськрайагролісгосп» були:

1. Розрахунково-аналітичний по збору і обробці результатів досліджень запропонованої нами методології застосування цифрового моделювання для проведення аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу, а також вже існуючих методик проведення моніторингу в лісорослинних умовах A_{1-2} , B_{2-3} , C_{2-3} природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника та ДП «Сновськрайагролісгосп».
2. Проведення фітопатологічного, ентомологічного, пірологічного обстеження деревостанів в умовах A_{1-2} , B_{2-3} , C_{2-3} природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника та ДП «Сновськрайагролісгосп», порівняння отриманих результатів, з результатами вже існуючих методологій, що використовуються науково-дослідними установами, виробничими підрозділами ДП «Ліси України» для моніторингу, виявлення ознак хвороб, пошкодження шкідниками, підгаром від лісових пожеж різного виду та інтенсивності, статистичного аналізу отриманих результатів, їх порівняння з результатами використання існуючих методик в умовах зони Центрального та Східного Полісся в цілому.
3. Оцінка репрезентативності та об'єктивності отриманих результатів досліджень по відношенню до всіх об'єктів досліджень.
4. Апробація запропонованої методології застосування цифрового моделювання для проведення аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу в умовах як Поліського природного заповідника, так і ДП «Сновськрайагролісгосп».

За результатами роботи було встановлено, що методологія застосування цифрового моделювання для проведення аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу, в подальшому дасть можливість визначити поточний санітарний, пірологічний, ентомологічний стан лісових екосистем в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, а також виробничих підрозділів ДП «Сновськрайагролісгосп». Встановлено, що практичне застосування запропонованої методології в подальшому дасть практичну можливість спрогнозувати виникнення та поширення хвороб і шкідників лісу, осередків виникнення лісових пожеж через накопичення лісових горючих матеріалів на інші території як об'єктів природозаповідного фонду Поліського природного заповідника, так й ДП «Сновськрайагролісгосп», як приклад. Визначено, що запропонована методологія дає практичну змогу проводити прогнози щодо можливості виникнення та поширення хвороб, шкідників, лісових пожеж зважаючи на метеорологічну інформацію та кліматичні фактори, в тому числі і небезпечні для людини, в умовах як природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, так й ДП «Сновськрайагролісгосп».

Сферою застосування результатів досліджень є природоохоронні науково-дослідні відділення Поліського природного заповідника, об'єкти природо-заповідного фонду України, науково-дослідні установи і організації, виробничі лісозахисні підприємства, лісогосподарські підприємства ДП «Ліси України, що знаходяться в зоні Центрального та Східного Полісся.

Висновки досліджень полягають в тому, що на сьогоднішній день через погодно-кліматичні зміни як в природних лісових

екосистемах природоохоронних науково-дослідних відділеннях Поліського природного заповідника так і у виробничих підрозділах ДП «Сновськрайагролісгосп» такі патогенні збудники хвороб, як коренева губка, соснова губка, смоляний рак, хвороби стовбурів та крони дерев, кореневі та серцеві гнилі деревини берези повислої набули масового розповсюдження у вигляді епіфітотій, що поширюються на великі території. Все це створює сприятливі умови для розвитку та поширення стовбурових шкідників лісу, а також накопичення лісових горючих матеріалів через відпад деревини і як наслідок, - лісових пожеж. Запропонована методологія застосування цифрового моделювання для проведення аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки поточного та перспективного лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного стану, базується на застосуванні лісівничого, фітопатологічного, ентомологічного, пірологічного, таксаційного методів по проведенню визначення ураження лісових деревостані в умовах як природоохоронних науково-дослідних відділень, на прикладі Поліського природного заповідника, в лісорослинних умовах A_{1-2} , B_{2-3} , C_{2-3} , так й виробничих підрозділів ДП «Сновськрайагролісгосп», що в подальшому дасть практичну можливість проводити вчасний та ефективний експрес-моніторинг поточного та перспективного санітарного стану лісів, заздалегідь проектувати та здійснювати заходи щодо унеможливлення виникнення епіфітотій збудників хвороб, поширення небезпечних шкідників лісу, максимально можливо знизити ризики виникнення та поширення лісових пожеж в лісорослинних умовах зони Центрального та Східного Полісся України. Запропонована нами методологія дасть змогу вчасно, раціонально та ефективно скласти лісопатологічні, лісоентомологічні, лісопірологічні прогнози виникнення осередків хвороб, розмноження шкідників, лісових пожеж, оцінки знищення та

пошкодження лісових деревостанів, визначення потенційних економічних втрат від патогенезу хвороб, ентомологічної діяльності шкідників і як наслідку, - лісових пожеж. Практичне використання запропонованої методології дасть змогу прогнозувати та визначити осередки масових епіфітотій збудників кореневої та соснової губки, комплексу хвороб стовбурів та крони дерев, виникнення та масштабне поширення лісових пожеж. Запропонована методологія застосування цифрового моделювання для проведення аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки поточного та перспективного лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного стану дає змогу запроектувати, а також вчасно провести науково-дослідні, практично-профілактичні заходи по обмеженню поширення вкрай небезпечних збудників хвороб, шкідників лісу, лісових пожеж в умовах як природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, так й виробничих підрозділів ДП «Сновськрайагролісгосп».

Ключові слова: ліс, методика, метеорологія, клімат, інновація, цифрові технології, лісопатологія, комахи-фітофаги, лісові пожежі, прогноз, лісозахист.

Вступ. Клімат і погода – найважливіші чинники сезонної і багаторічної динаміки чисельності лісових комах, фітопатогенних організмів як складової екосистеми, а також лісових пожеж. Під кліматом розуміють багаторічний режим погоди, зумовлений географічним положенням місцевості. До основних кліматоутворюючих чинників відносять сонячну радіацію, атмосферну циркуляцію і підстилаючу поверхню. Закономірності географічної мінливості клімату в зоні Центрального та Східного Полісся України, до яких відносяться Житомирська, Київська, Чернігівська області, необхідно враховувати при

розробці зональних систем лісозахисних заходів. Клімат визначає поширення комах, збудників хвороб, межі їх ареалів і зон шкодочинності, лісових пожеж, а погодні умови впливають на терміни та інтенсивність їх розвитку, патологій, а також на пірогенний стан. Зазначаємо, що соснові деревостани є досить поширеними у зоні Центрального та Східного Полісся України. На сьогоднішній день численні дослідження у галузі практичної лісової фітопатології, ентомології, процесів пірогенезу та використання цифрових технологій в лісовому господарстві як в Україні, так і закордоном показали, що основною причиною виникнення епіфітотій та лісових пожеж у соснових лісах є як антропогенний, так і акумулятивний погодно-кліматичний фактор. Так, саме відпад і подальше накопичення (акумуляція) рослинної фітомаси у хвойних деревостанах зони Центрального та Східного 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, Київській, Чернігівській областях станом на початок 2026 року обчислена за індексом ΔNBR , і склала понад 38,6 тис. га. Через масштабні лісові пожежі 2020, 2021, 2024 років, гостро постало питання щодо проведення досліджень по вивченню відпаду фітомаси через біологічну діяльність хвороб та шкідників лісу. За багаторічними результатами наукових спостережень було встановлено, що найбільше потерпають від патологічного впливу збудників кореневої губки сосни звичайної, соснової губки, смоляного рака, активної біологічної дії вершинного, шестизубчатого короїдів, соснового лубоїда, соснової златки саме лісові екосистеми Житомирщини, Київщини, Чернігівщини, про що свідчать сильні лісові пожежі останніх років. Під впливом зміни погодно-кліматичних умов,

зокрема режиму зволоження ґрунтів, пересихання лісових болотних екосистем в останні 20 років на території природно-заповідного фонду Поліського природного заповідника фіксується поширення кореневої губки, соснової губки, звичайного та снігового Шютте, комплексу хвороб стовбурів та крон дерев соснових деревостанів. Все це в сумі призводить не лише до зниження річного приросту, уповільнення фізіологічних процесів, а й до чисельного відпаду, накопичення великої кількості сухостою, що в подальшому стає осередком для заселення шкідниками, поширення збудників хвороб та виникнення лісових пожеж. Тому на сьогоднішній день особливо актуальним є питання вчасного виявлення осередків патологічного процесу в соснових деревостанах, їх вмілої локалізації задля унеможливлення поширення на території сусідніх лісокористувань. Слід зауважити, що з урахуванням режиму заповідності, територія лісокористувань Перганського, Копищанського, Селезівського ПНДВ Поліського природного заповідника є унікальним місцем, де гармонійно поєднані трофотопи і гігротопи лісорослинних умов А₁₋₂, В₁₋₂. Ще раніше досліджено, що при досягненні кореневою системою сосни звичайної ущільненого горизонту, починає формуватись поверхнева коренева система, що створює в подальшому сприятливі умови для розвитку патологічного процесу. На сьогоднішній день не розроблено ефективних дієвих методологічних заходів щодо унеможливлення поширення епіфітотій кореневої, соснової губки, звичайного та снігового Шютте, комплексу хвороб стовбурів та крон соснових деревостанів, а також розмноження стовбурових шкідників. Тому на сьогоднішній день тривають лісівничі дослідження по пошуку ефективних, в тому числі й цифрових методик щодо своєчасного моніторингу, недопущення поширення патологічного процесу збудників хвороб лісу, виникнення локацій масштабних ентомологічних загроз та пірогенезу в умовах зони Центрального та Східного Полісся України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми. Відомо, що всихання соснових і сосново-мішаних деревостанів, які досліджувались як в лісорослинних умовах Поліського природного заповідника, так й ДП «Сновськрайагролісгосп», протікає дуже повільно і може бути інтенсифіковано лише весняно-літньою посухою [1, с. 25 - 44]. В осередках масштабного всихання соснових деревостанів, як це відбулось в умовах Перганського, Копищанського, Селезівського природоохоронних науково-дослідних відділень (ПНДВ) Поліського природного заповідника, в лісорослинних умовах А₂₋₃, В₂₋₄, С₂₋₄ формуються сприятливі умови для розмноження як хвоегризучих, так і стовбурових шкідників [2, с. 39 - 61]. 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 [3, с. 96 - 102]. Соснові ліси займають близько 73,3% площ природно-заповідного фонду Поліського природного заповідника, 34,5% лісового фонду ДП «Сновськрайагролісгосп», і є основним резервуаром вуглецю в зоні Полісся України [4, с. 8 - 17]. Для лісових, природних екосистем Поліського природного заповідника, а також урочищ ДП «Сновськрайагролісгосп» в силу своїх природно-кліматичних особливостей зони Центрального та Східного Полісся України характерне більш динамічне, швидке, акумулятивне накопичення органічної речовини через активну біологічну діяльність збудників хвороб та шкідників лісу [5, с. 73 - 84]. Основним і тривалим джерелом вуглецю у соснових лісах Центрального та Східного Полісся України є ґрунтовий покрив [6, с. 26 – 38]. За даними Вакулюка П. Г., щодо накопичення вуглецю у різних компонентах лісових природних екосистем Півночі України, а також зон Центрального й Східного Полісся зокрема, рослинність бореальних типів лісу містить 94, а їх ґрунти - 175 Гт

органічного вуглецю, що в свою чергу становить значну частину глобальних світових запасів цього елемента [7, с. 182 - 194]. По оцінкам Ворон В. П., Коваль І. М., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є., Бологов О. Ю., вміст ґрунтового органічного вуглецю в лісах України складає 571 Гт. Основними джерелами органічної речовини ґрунтів у лісових екосистемах є відпад надземної частини, лісова підстилка, кореневий відпад і легкорозкладений гумус [8, с. 7-12]. Відпад деревних порід через біологічну діяльність хвороб та комах-фітофагів, відіграє важливу роль у формуванні лісових біогеосистем, будучи важливою ланкою біологічного кругообігу, основним постачальником органічної речовини та енергії від рослини до ґрунту [9, с. 23 - 34]. Крім органічної маси, морт-маси, опалого листя деревних порід, гілок та залишків кори, слід враховувати біомасу ґрунтового покриву, який також є досить важливим акумулюючим фактором лісових природних екосистем [10, с. 57 - 64]. Відпад органічної маси є джерелом вуглецю та азоту для процесів гуміфікації, а також одним з ключових компонентів у кругообігу вуглецю та поживних речовин у лісових природних екосистемах, особливо в соснових деревостанах природно-заповідного фонду, де природні процеси не порушені господарською діяльністю людини [11, с. 34-76]. Порушення природних екологічних умов лісових екосистем змінює інтенсивність і спрямованість джерел органічної речовини та енергії в них [12, с. 45-87]. Основним фактором, що порушує природний цикл обміну вуглецю в соснових лісах зони Центрального та Східного Полісся України є лісові пожежі різного виду та інтенсивності [13, с. 68-74]. В глобальному масштабі, на території бореальних лісів зони Центрального та Східного Полісся України щорічно прогоряє до 1360 га лісів [14, с. 45-74]. 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 прямого впливу вогню [15, с. 37-

54]. Основним глобальним наслідком лісових пожеж в умовах Перганського та Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника є викиди вуглецю в атмосферу [16, с. 5-47]. Ґрунти та ґрунтові органічні речовина у вигляді відпаду та лісової підстилки є першочерговими об'єктами впливу вогню [17, с. 1-38]. 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 [18, 32 с.]. Повне прогорання підстилки викликає вогневі або теплові пошкодження камбію стовбура і коренів дерев, що є особливо вразливим для соснових деревостанів [19, 42 с.]. Це є причиною постпірогенного відпаду соснових деревостанів через активну біологічну дію збудників кореневої губки сосни звичайної, соснової губки, смоляного рака, а також комплексу шкідників лісу [20, с. 5-41.]. В лісових екосистемах природно-заповідного фонду Поліського природного заповідника, а також ДП «Сновськрайагролісгосп» з високою періодичністю пожеж, лісова підстилка не накопичується. Це призводить до еродованості поверхневих шарів ґрунту, сприяє подальшому активному накопиченню лісопатогенної мікрофлори та комах-фітофагів [21, 192 с.]. Пожежі високої інтенсивності сприяють значному знищенню фітомаси надґрунтового лісового покриву [22, с. 55–59.]. Її відновлення відбувається надповільно, в середньому 1 мм за 2 роки [23, с. 71-85]. В цьому плані на передній край виходять цифрові технології в лісовому господарстві, які, взаємодіючи зі штучним інтелектом здатні допомогти убезпечити ліси Центрального та Східного Полісся України від масштабного поширення збудників хвороб, комах-фітофагів і як логічний наслідок накопичення лісових горючих матеріалів – лісових пожеж різного виду та інтенсивності.

Формулювання мети та завдань досліджень. Предметом наших досліджень були постійні та тимчасові пробні площі в умовах Перганського, Копищанського, Селезівського ПНДВ Поліського природного заповідника, а також пробні площі в умовах структурних виробничих підрозділів ДП «Сновськрайагролісгосп». Проводився детальний аналіз впливу погодних, кліматичних чинників на відпад фітомаси внаслідок лісопатологічної, лісоентомологічної, лісопірологічної дії на соснові деревостани, вивчалось мортмаси лісових горючих матеріалів, аналізувалась їх здатність до горіння. Завданням досліджень була практична апробація методології цифрового моделювання для аналізу метеорологічної інформації щодо можливості оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу в умовах як природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, так й ДП «Сновськрайагролісгосп», визначення ефективності і удосконалення сучасних методологічних підходів щодо практичного застосування цифрової методики щодо визначення поточного фітосанітарного, лісопірологічного стану деревних насаджень з використанням результатів експертизи, а також надання практичних рекомендацій щодо можливості подальшого застосування запропонованої методології як в науково-дослідних установах, так і в умовах лісозахисних, лісотаксаційних виробничих установ і організацій. Проведено практичне порівняння результатів застосування рекомендованої методології цифрового моделювання аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу, з результатами загальноприйнятих на сьогоднішній день методик по визначенню лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного стану дерев в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника та ДП «Сновськрайагролісгосп». Апробовано

запропоновану методологію цифрового моделювання аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторинг в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника та ДП «Сновськрайагролісгосп». Доцільно провести комплексну апробацію методології цифрового моделювання для аналізу метеорологічної інформації щодо можливості оцінки лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного моніторингу щодо визначення накопичення біологічного відпаду сосни звичайної в умовах Перганського, Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника, а також ДП «Сновськрайагролісгосп» в постпірогенній період, провести оцінку фактичної розбіжності сумарного річного надходження відпаду фітомаси в сосняках, яка виявилася у 1,5 рази менша, ніж в лісах без ознак пірогенезу. Під час проведення досліджень нами було обстежено постійні пробні площі в умовах Перганського, Копищанського, Селезівського ПНДВ Поліського природного заповідника, а також пробні площі ДП «Сновськрайагролісгосп». Дослідження проводили в період 2022-2025 років в умовах постійних пробних площ, кожна з яких була по 0,25 га: перша – контрольна (П 12), друга – згарище 2020 року (П 34). Пробні площі розташовані в лісорослинних умовах А₂₋₃, В₂₋₃ С₂₋₃. Опис пробних площ в умовах досліджуваних згарищ наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Таксаційні характеристики досліджуваних деревостанів в умовах пробних площ Поліського природного заповідника та ДП «Сновськрайагролісгосп»

№ пробної площі	Склад	Деревна порода	Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Повнота
П 12	6Сз4Бп	сосна	110	15	55	0,7
		береза	75	15	38	0,6

П 34	7СзЗБп	сосна	95	16	65	0,8
		береза	65	12	32	0,6

Для оцінки загального річного надходження відпаду через біологічну діяльність збудників хвороб та шкідників лісу на всіх пробних площах встановили по 20 відпадовловлювачів. Площа кожного відпадовловлювача становила 0,98 м². Збір матеріалу проводили щомісяця в період з квітня по жовтень включно. На кожній пробній площі у 10-кратній повторності проводили збір мортмаси. Отримані зразки висушував до постійної маси при t=60°C і зважували. Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням пакету математичного аналізу в Microsoft Excel 2022.

Виклад основного матеріалу статті. Для лісопатологічного моніторингу ми в своїх дослідженнях використовували чотири форми метеорологічної інформації, що забезпечує багатопланову оцінку:

- кліматичних особливостей регіону;
- погодних умов окремих років і сезонів року (весни, літа, осені, зими);
- погодної ситуації в критичні періоди життєвого циклу комах;
- метеорологічних явищ, що викликають абіотичний стрес у рослин і через складну систему біоценотичних зв'язків, що модифікують чисельність комах.

Первинна інформація про клімат регіону представляє собою середні показники головних його характеристик за багаторічний період метеорологічних спостережень, проведених в даному регіоні. Ця інформація включає:

- середньорічні показники температури і суми опадів;
- середні терміни настання сезонів року – весни, літа, осені, зими і відхилень від них;
- показники температури і сум опадів в кожному сезоні.

За початок весняного сезону приймають період стійкого підвищення середньодобової температури від 0 до 15 °С; літнього сезону – період зі стійкими середньодобовими температурами вище 15°С. За початок осіннього сезону приймають період стійкого переходу середньодобової температури від 15°С в бік її зниження; початок зимового сезону – встановлення температури нижче 0°С.

Суттєве значення для характеристики клімату регіону мають такі показники:

- найвищі і найнижчі середньодобові температури повітря;
- тривалість посушливих періодів в залежності від їх сезонного прояву;
- періоди максимального випадання опадів, найбільша висота снігового покриву і тривалість його безперервного збереження на поверхні ґрунту;
- глибина промерзання ґрунту в зимовий період.

Для життєдіяльності комах особливе значення мають метеорологічні показники, що характеризують діапазони мінливості всіх основних кліматичних даних по роках і частоту повторюваності найбільших відхилень в сторону мінімальних і максимальних величин.

Для характеристики погоди минулого року ми використовували такі показники:

- температура повітря (°С) середньодобова (фактична і відхилення від багаторічної норми по середнім декадних даними), мінімальна і максимальна за декаду;
- сума опадів у міліметрах і відсотках від багаторічної норми по декадах, а також характер розподілу опадів по території.

Для характеристики фенологічних сезонів (весна, літо, осінь, зима) ми використовували час настання сезону (фактична дата); відхилення від середніх термінів (+, -) в добі і середньосезонні показники температури повітря і опадів.

Характеристика зимового сезону включає:

- терміни настання і закінчення сезону (фактична дата, відхилення від середніх термінів (+, -) на добу);
- мінімальну температуру ґрунту на глибині зимівлі комах;
- найбільшу і середню висоту снігового покриву;
- дату встановлення і сходу стійкого снігового покриву.

Для характеристики клімату регіону проведення досліджень, кліматичних особливостей окремих років і сезонів, ми використовували дані метеорологічних станцій, розташованих в регіоні з врахуванням їх місця розташування (рельєф, висота над рівнем моря). Метеорологічна інформація, необхідна для розрахунку фенологічних показників, характеризується термінами розвитку і виживання комах, повинна надходити в регіональні центри захисту лісу для подальшої обробки, аналізу та зберігання в комп'ютерній базі даних. Ця база включає показники температури і вологості повітря, суми опадів, а також гідротермічного режиму за окремі відрізки часу. Найчастіше її використовують для узагальнення кількісних характеристик стану погоди в окремі критичні періоди життєвого циклу шкідників. З цією метою розраховують суми температур (середніх, екстремальних, активних, ефективних і ін.), або різні показники зволоження, визначаються за формулами Г. Т. Селянінова, Д. І. Шашко, М. І. Будико та ін.

Для окремих видів комах-шкідників підраховують кількість днів і декад, відповідних критичного періоду, коли для них складаються особливо екстремальні умови. Основними показниками термічних ресурсів території та потреби комах у теплі є суми активних і ефективних температур (таблиця 2).

Таблиця 2

Трансформація середньодекадних температур в суми ефективних температур за декаду при нижній межі ефективних температур, що дорівнює +10 °С
в умовах ПНДВ Поліського природного заповідника
та ДП «Сновськрайагролісгосп» (середнє за 2023 – 2026 роки)

°С	Десята частка від градієнта при температурі в 1°С									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
5	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
6	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6
7	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9
8	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12
9	12	12	12	13	13	14	14	15	15	15
10	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20
11	20	21	21	22	23	24	24	25	26	26
12	27	28	28	29	30	30	31	32	32	33
13	34	35	35	36	37	38	38	39	40	41
14	42	42	43	44	45	46	46	47	48	49
15	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
НІР ₀₀₅	1,24	1,29	1,32	1,48	1,36	1,27	1,34	1,22	1,26	1,29

Встановлено, що потреба в теплі - кількість тепла, що необхідна даному виду комах для проходження повного життєвого циклу. Термічні ресурси території зазвичай оцінюють сумою активних температур повітря вище 10°С, так як при середній добовій температурі повітря +10°С і вище, спостерігається активний розвиток багатьох видів лісових комах і деревних порід, які вони пошкоджують. Термічні ресурси території змінюються в залежності від широти місцевості, висоти над рівнем моря і ряду інших факторів. Потреба окремих видів комах в теплі виражається сумами активних або ефективних температур повітря за період, обмежений лімітними температурами (нижнім і верхнім порогами розвитку). Для багатьох видів лісових комах пороговою температурою початку розвитку, є середня добова температура повітря +5 - +8°С. Для

теплолюбних видів комах (наприклад, сонових златок) лімітуючими є середньодобові температури повітря $+10 - +12^{\circ}\text{C}$. Порівнюючи термічні ресурси території і потребу окремих видів комах в теплі, обчислюють таку важливу біокліматичну характеристику, як забезпеченість комах теплом. Її розраховують за допомогою інтегральних кривих забезпеченості, побудованих для різних кліматичних зон. Для характеристики термічних ресурсів ґрунту використовують суми температур вище $+0,5; +10; +15^{\circ}\text{C}$ на різних глибинах, а також суму негативних температур ($-5, -10, -15^{\circ}\text{C}$). Прямим показником вологозабезпечення є кількість опадів (за рік, сезон або місяць). Непрямими показниками є різні коефіцієнти, які становлять відношення опадів до випаровуваності або факторів випаровування (температур, дефіциту вологості повітря).

Показниками умов зимівлі комах є абсолютний мінімум температури повітря на висоті 2 м над поверхнею ґрунту, і ґрунту (на глибині 3 см), середній з абсолютних мінімумів температури повітря і ґрунту (на тій же висоті і глибині), середня температура повітря найхолоднішого місяці. У ряді випадків для характеристики зимових умов застосовують так званий сніжно-температурний коефіцієнт: відношення висоти снігового покриву до середньої температури повітря, або висоти снігового покриву до середнього з абсолютних річних мінімумів температури повітря.

Показником ступеня континентальності клімату можуть бути тривалість весни (в температурних межах $5-15^{\circ}\text{C}$) і осені (в температурних межах $15-5^{\circ}\text{C}$). Чим континентальніший клімат, тим більш короткими виявляються весна і осінь, що має велике значення для життєдіяльності комах (темп розвитку, рівень смертності, відрив від паразитів) і проведення лісозахисних робіт. Крім вищеназваних показників, для оцінки кліматичних особливостей територій додатково

використовують: дати настання фенологічних фаз розвитку сезонів, екстремальні значення основних метеорологічних елементів, тривалість безморозного періоду, показники посушливості.

При оцінці температурного режиму території для лісопатологічного моніторингу використовують показники, що дають найбільш повну уяву про загальну кількість тепла за рік або за окремі періоди (сезон, місяць, декаду, добу), а також про річний і добовому ході температури повітря. Виділяють 3 групи показників термічного режиму: середні температури, екстремальні температури, суми температур.

Середні температури – широко використовуються температурні показники, що обчислюються за різні часові інтервали (декаду, місяць, сезон, вегетаційний період і т. д.). Середня добова температура обчислюється як середнім арифметичним значенням температур за всі терміни спостереження. В даний час (з 1966 р.) на метеорологічних станціях України температуру повітря вимірюють 8 разів на добу. Встановлено єдині терміни спостереження: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 і 21 година. Підсумовуючи температури за всі терміни спостережень і розділивши цю суму на 8, отримують середньодобову температуру повітря. Середньомісячна температура – середнє арифметичне з середніх добових температур за всі дні місяця. Середня річна температура – середнє арифметичне з середніх добових (або середніх місячних) температур за весь рік. Середня річна температура повітря дає лише наближене уявлення про загальну кількість тепла, але не характеризує річний хід температури. Тому для характеристики річного ходу температур використовують дані про середні температури найхолоднішого і самого теплого місяців року. Середні місячні і середні декадні температури використовують для характеристики температурних умов окремих періодів. Однак всі середні характеристики не дають досить повного уявлення про добовий і річний ході температур.

Екстремальні температури суттєво доповнюють відомості про середні температури. Амплітуда добового і річного ходу температур повітря характеризує ступінь континентальності клімату, має істотне значення в житті комах. Добовий режим температури повітря обумовлений добовим ходом температури природного середовища. Він нерідко порушується вторгненнями теплих і холодних повітряних мас. Амплітуда добового ходу температури в континентальному кліматі досягає $+20^{\circ}\text{C}$ і більше. Це – важливий показник термічних умов розвитку і розмноження комах. Річний хід температури повітря в основному визначається річним ходом температури підстилаючої поверхні. Амплітудою річного ходу називається різниця між середніми місячними температурами самого теплого і найхолоднішого місяців. Абсолютна річна амплітуда - різниця між абсолютним максимумом і абсолютним мінімумом температури повітря за рік, тобто між найвищою і найнижчою температурою, що спостерігалася протягом року. Амплітуда річного ходу температури повітря залежить від географічної широти місцевості, її віддалення від моря, абсолютної висоти і річного ходу хмарності. Суми температур (біологічні, ефективні, активні і ін.) знайшли широке застосування в сільськогосподарській та лісогосподарській метеорології і захисті рослин, як показники, що характеризують в умовних одиницях (градусоднях), теплозабезпечення території або сумарну потребу в теплі рослин і тварин.

В Україні для сільськогосподарської оцінки клімату Г. Т. Селяніновим вперше були використані суми активних температур вище $+10^{\circ}\text{C}$. Вони служать показником забезпеченості теплом періоду активного розвитку комах, і активної вегетації їх кормових рослин. Суми активних температур складаються з середніх добових температур вище $+10^{\circ}\text{C}$. Встановлено тісний зв'язок між сумою температур вище $+10^{\circ}\text{C}$ і річною сумою радіаційного балансу. Для вираження потреби біологічних

об'єктів в теплі зазвичай використовують суми ефективних температур. Це суми середніх добових температур, відрахованих від біологічного мінімуму, при якому розвивається той чи інший вид рослин або комах. Зараз суми ефективних температур встановлені для багатьох видів лісових комах (як для окремих етапів їх онтогенезу, так і для всього життєвого циклу). Суми активних і ефективних температур мають екологічне значення, виражаючи зв'язок комах зі середовищем існування. Схема розрахунку сум активних і ефективних температур повітря наведена в таблиці 3. Середня добова температура і її суми нівелюють термічні відмінності в добовому просторі під час зміни температури повітря. Це визначає необхідність роздільного обліку середніх денних і середніх нічних температур повітря, і їх сум для більш точної оцінки впливу температурного режиму на поведінку і розвиток лісових комах. Суми середніх денних і середніх нічних температур повітря, як правило, розраховують за період, коли середні температури дня і ночі перевищують $+10^{\circ}\text{C}$ (аналогічно підрахунку сум активних температур). У середніх денних і середніх нічних температурах повітря додатково враховуються географічна мінливість довжини дня і ночі, а також зміна континентальності клімату і особливостей температурного режиму різних форм рельєфу, тому при одній і тій же середньодобовій температурі повітря можуть спостерігатись різні поєднання середніх денних і середніх нічних температур. Суми денних температур (таблиця 3) більше середніх добових сум температур, а сума нічних температур менше середніх добових сум. В Центральному та Східному Поліссі України, різниця між сумами температур дня і ночі в період активного розвитку соснового пильщика становить більше 116°C (точніше, градусоднів). Це визначає регіональну специфіку фенології шкідника і потенційну можливість його розвитку по однорічній генерації.

Таблиця 3

**Приклад розрахунку сум активних і ефективних температур
повітря на прикладі Перганського ПНДВ**

Поліського природного заповідника (з 10 по 18 травня 2025 року), °С

Температура а повітря	10.0 5	11. 05	12. 05	13. 05	14. 05	15.0 5	16.0 5	17.0 5	18.0 5	Сума
Середня добова	12	10	8,6	4,9	7,6	12	15,1	18,2	16,0	106, 9
Активна вище +10°С	12	10	0	0	0	12	15,1	18,2	16,0	83,8
Ефективна вища +5°С	7	5,5	3,6	0	2,6	7	10,1	13,2	11,0	60,0
Ефективна вища +10°С	2	5	0	0	0	2	5,1	8,2	6,0	23,0 8
НІР ₀₀₅	1,21	1,1 8	1,1 4	1,1 6	1,1 0	1,19	1,26	1,24	1,25	1,31

Забезпеченість теплом вегетаційного періоду характеризується сумами активних температур повітря за період з середньою добовою температурою, що перевищує +10°С, які щорічно більш-менш значно відхиляються від середньої багаторічної норми. В окремі роки ці відхилення можуть досягати $\pm 400-450^{\circ}\text{C}$, що дуже впливає на терміни розвитку комах, їх популяційні параметри та поступову активність. При великій позитивній аномалії сум активних температур створюються сприятливі умови (особливо в поєднанні з дефіцитом опадів) для різкого підйому чисельності комах-шкідників.

Метод прогнозу теплозабезпечення вегетаційного періоду, розроблений

Ф. Ф. Давітая, ґрунтується на зв'язку сум активних температур ($\sum t > t^{\circ}$) з датою весняного переходу середньої добової температури повітря через +10°С. Цей зв'язок встановлений в результаті обробки багаторічних метеорологічних спостережень, проведених в різних географічних

пунктах на території зони Центрального та Східного Полісся України, і суміжних кліматичних зон. Встановлено, що коефіцієнти кореляції між датами переходу температури повітря через $+10^{\circ}\text{C}$ і сумою температур вище $+10^{\circ}\text{C}$, виражаються величинами від 0,6 до 0,9 залежно від географічного району. Для міста Коростень наприклад, або Сновська, де метеорологічні спостереження проводяться з 1844, 1854 року, рівняння зв'язку має такий вигляд:

$$\Sigma t = -18,25D + 2759;$$

$$R = -0,74;$$

де:

Σt - сума температур за період з середньою добовою температурою повітря $> 10^{\circ}\text{C}$;

D - дата весняного переходу температури через 10°C , виражена числом днів від 1 квітня;

R - коефіцієнт кореляції.

Наприклад, перехід температури через 10°C навесні в холодному 2008 році зафіксований 26 травня, звідси: $\Sigma t = -18,25 \times 56 + 2759 = 1737^{\circ}\text{C}$.

Фактично в цьому році сума активних температур становила 1775°C . Різниця між фактичною і розрахованою сумою склала всього 38°C , тобто помилка прогнозу дорівнює 2%. Аналогічні кореляційні рівняння складені і для інших пунктів на території Українського Полісся, включаючи Передкарпаття і Закарпаття (таблиця 4). Аналіз цих зв'язків показує: чим пізніше настає дата стійкого переходу температури через 10°C , тим менше тепла ($\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$) накопичується за вегетаційний період. Пізня весна є передумовою загального дефіциту тепла в даному році. Встановлено, що при пізній весні різко зростає сума тепла першої половини вегетаційного періоду (протягом 2 місяців від весняного переходу температур вище $+10^{\circ}\text{C}$) і навпаки, різко знижується сума

тепла в решту вегетаційного періоду. Найбільш контрастні відмінності в розвитку сезонних явищ при ранніх і пізніх веснах в районах з помірно та континентальним кліматом. Залежно від темпу весняного розвитку природних процесів змінюється кількість тепла, що накопичується в першу і другу половину вегетаційного періоду. Наприклад, в Малині (Житомирська область), Сновську (Чернігівська область) згідно метеорологічних довідників спостережень за погодою в 1898 році перехід температур вище $+10^{\circ}\text{C}$ спостерігався 28 травня (пізня весна) і сума температур вище $+10^{\circ}\text{C}$ склала 1872°C , з них в першу половину вегетаційного періоду накопичилося 1250°C , а в другу - 622°C . У 1998 році перехід температур вище $+10^{\circ}\text{C}$ зареєстрований 9 травня (рання весна), і сума температур вище $+10^{\circ}\text{C}$ склала 2129°C , з якої в першу половину вегетаційного періоду накопичилось 970°C , а в другу - 1159°C , тобто майже в 2 рази більше, ніж в 1898 році. Таким чином, при пізній весні, створюються сприятливі умови для розвитку комах, личинки яких живляться в ранньолітній період і навпаки, при ранній весні значне накопичення тепла в другій половині вегетаційного періоду сприяє зростанню чисельності комах, які складають літньо-осіннє фенологічне угруповання. Метод довгострокового прогнозу теплозабезпечення вегетаційного періоду і його частин (підперіодів) має велике практичне значення. Результати прогнозу можуть бути використані для коригування термінів проведення лісопатологічного моніторингу та інших лісозахисних заходів з урахуванням регіональних особливостей фенології окремих видів і екологічних груп лісових комах.

Таблиця 4

Кореляційний зв'язок між датами стійкого переходу температури повітря через +10°C навесні (D), і сумами активних температур за вегетаційний період (ΣT) в зоні Центрального та Східного Полісся України (за результатами з пробних площ Поліського природного заповідника, ДП «Сновськрайагролісгосп» 2022-2026 рр.)

Населені пункти	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії
Сарни	$r = -0,65 \pm 0,06$	$\Sigma T = -18,36D + 2139$
Гоща	$r = -0,64 \pm 0,06$	$\Sigma T = -20,73D + 2172$
Сновськ	$r = -0,62 \pm 0,06$	$\Sigma T = -24,1 D + 2224$
Малин	$r = -0,76 \pm 0,05$	$\Sigma T = -20,76D + 2199$
Коростень	$r = -0,74 \pm 0,06$	$\Sigma T = -24,34D + 3366$
Житомир	$r = -0,66 \pm 0,07$	$\Sigma T = -20,23D + 2671$
Чернігів	$r = -0,61 \pm 0,08$	$\Sigma T = -14,60D + 2741$
HP_{005}	1,12	1,18

Примітка: D - дата весняного переходу температури через 10°C визначається числом днів відліку від 1 квітня.

Для оцінки показників зволоження території, зазвичай використовують середні багаторічні суми опадів за різні часові інтервали (рік, сезон, місяць, декада). Однак опади є хоча і простим, але найбільш приблизним показником вологозабезпечення, так як їх ефективність неоднакова при різних умовах випаровування. У зв'язку з цим до суми опадів доцільно додавати певні поправки в залежності від умов випаровування, які характеризуються дефіцитом вологи повітря. Ефективне значення місячних опадів доцільно враховувати при побудові кліматограм, аналізі умов зволоження вегетаційного періоду і його окремих частин (підперіодів). В агрометеорології та лісометеорології, для оцінки умов зволоження використовують відношення кількості опадів

до випаровуваності або основних факторів випаровування (температури і дефіциту вологості повітря, сонячної радіації та ін.). Широко застосовується запропонований Г. Т. Селяніновим гідротермічний коефіцієнт (ГТК), що визначається за формулою:

$$ГТК = \Sigma P \times 10 / \Sigma T > 10, \text{ або } ГТК = \Sigma P / 0,1 \times \Sigma T > 10$$

де:

ΣP - сума опадів за певний період (не менше трьох декад);

$\Sigma T > 10$ - сума температур повітря вище 10° С за той же період.

Випаровування в цій формулі (в мм) чисельно прирівняне до суми середніх добових температур за період з температурою вище 10°С, зменшеною в 10 разів. Чисельні значення гідротермічного коефіцієнта, по Г. Т. Селянінову, означають: 2,0 - надмірне зволоження, 1,5 - достатнє, 1,0 - на межі посухи, 0,5 - сильна посуха, 0 – абсолютна посуха. З використанням гідротермічного коефіцієнта, можна розрахувати календарні терміни початку і кінця посушливих і сухих періодів, а також їх тривалість. Для розрахунку календарних дат початку і кінця цих періодів застосовують формулу:

$$Д = (К - b/a - b) \times d + 15$$

де:

Д - дата початку або кінця зазначених періодів;

К - порогове значення ГТК (1,0 або 0,5);

b - середнє місячне значення ГТК нижче порогового;

a - відповідне значення ГТК вище порогового;

d - число днів у місяці з ГТК = b.

Аналогічним чином можна розраховувати дати початку і кінця посушливого і сухого періодів з використанням порогових значень і інших коефіцієнтів зволоження. Істотним недоліком показника зволоження Г. Т.

Селянінова є те, що його значення при нестійкій погоді (навесні і восени) збільшують, а при високих літніх температурах – зменшують оцінку зволоження і тим самим неточно визначається сезонна динаміка зволоження. Тому гідротермічний коефіцієнт можна застосовувати для оцінки по додатних умов весни і осені, коли температура повітря нижче +10° С. Умови зволоження в окремі роки можуть значно відрізнятись від середніх багаторічних, тому практичного значення набувають розрахунки ймовірності і повторюваності в роки з різним зволоженням.

Крім гідротермічного коефіцієнта Г. Т. Селянінова, застосовують і інші показники зволоження, запропоновані Д. І. Шашко, М. І. Будико, В. С. Мезенцевим і ін. Показник зволоження Д. І. Шашко (Md) характеризує відношення річної або місячної суми опадів до суми середньодобових дефіцитів вологи повітря і визначається за формулою:

$$Md = \Sigma P / \Sigma d$$

де:

Md - показник зволоження;

ΣP - сума опадів, мм;

Σd - сума середньодобових значень дефіциту вологості повітря, мб (або гПа),

Радіаційний індекс сухості розраховується за формулою:

$$IR = R/LP$$

де:

IR - радіаційний індекс сухості;

R - радіаційний баланс;

L - прихована теплота випаровування;

P - річна кількість опадів.

Застосування цього індексу ускладнено обмеженням даних по радіаційному балансу. Однак у формулі вказана можливість визначення

радіаційного балансу за сумами температур вище 10°C. В цьому випадку радіаційний індекс сухості виражається формулою:

$$IR = P / 0,18 \times \Sigma T > 10$$

де:

P - опади за рік, мм.

Коефіцієнт зволоження по В. С. Мезенцеву ($K_{зв}$ розраховується за формулою:

$$K_{зв} = P / 0,22 T > 10 + 306$$

де:

P - опади за рік, мм;

T > 10 - сума температур повітря вище 10°C.

Приклади прогнозування розвитку комах-шкідників лісу на основі цифрової метеорологічної інформації в умовах ДП «Сновська агролісгосп» Чернігівської області. Зазначимо, що температурний градієнт, нижче якого життєдіяльність комах-шкідників лісу припиняється, - визначає нижній поріг їх розвитку; температурний градієнт, вище якого життєдіяльність комах-шкідників лісу так само стає неможливою, - визначає верхній поріг їх розвитку. В межах цих порогів, вплив температури на життєдіяльність комах різноманітний на всіх стадіях сезонного розвитку. З температурним режимом безпосередньо пов'язана і вологість. Затяжна дощова погода, як правило супроводжується зниженням температури повітря, що знижує стійкість організму комахи по відношенню до хвороб, і посилюється непрямим фактором – змінами біохімічного складу корму, особливо для відкрито живучих видів, що в свою чергу призводить до порушень функції травної системи. Температура визначає швидкість онтогенезу лісових комах, тривалість життя і плодючість імаго, рухливість комах, їх харчову активність і т. д. При збільшенні температури навколишнього

середовища зростає, швидкість розвитку і проходження фаз онтогенезу комах.

Тривалість розвитку соснової златки може обчислюватися за формулою:

$$T_p = C/T - T_0$$

де:

T_p - тривалість розвитку, діб;

C - сума середньодобових температур, потрібна для розвитку (термальна константа);

T - середньодобова температура періоду розвитку;

T_0 - температура порогу розвитку.

На підставі численних дослідів з різними шкідливими комахами Сандерсон і Пірс виявили, що залежність швидкості розвитку комах від температури може бути виражена формулою гіперболи. В Україні Укрлісозахистом спільно з УкрНДІЛГА ім. В. Г. Висоцького в лабораторних умовах були проведені численні дослідження залежності швидкості окремих фаз онтогенезу соснового п'ядуна, соснового пильщика, сибірського шовкопряда, шовкопряда-монашки і чорного ялицевого вусача. У всіх вище наведених випадках, спостерігалася гіперболічна залежність швидкості онтогенезу від температури, при якій відбувався розвиток особин. Однак час розвитку не визначається однозначно показником суми ефективних температур або середньою температурою середовища. На швидкість розвитку комах-фітофагів впливає розмах температурних коливань. Розвиток комах зазвичай сповільнюється при коливаннях температури вище оптимальних. Якщо ж коливання температури досягають нижнього порогу оптимуму, то розвиток особин прискорюється. За даними В. І. Кожанчікова, у непарного шовкопряда зміни температурного режиму сповільнюють

швидкість розвитку особин тільки в разі, коли ці зміни ведуть до скорочення споживання їжі. Поряд зі зміною термінів розвитку окремих фаз комах, температура навколишнього середовища впливає на морфофізіологічні параметри особин. Так, для соснового п'ядуна і шовкопряда-монашки виявлений зв'язок між зміною температури в період розвитку личинки і масою лялечки. Маса лялечки, в свою чергу, визначає масу імаго і плодючість метеликів. Таким чином, збільшення температури в період розвитку личинок соснового п'ядуна позначається на популяційних характеристиках шкідника в наступному році. Якщо в період харчування гусениць соснового п'ядуна спостерігаються низькі температури і велика кількість опадів, то при заляльковуванні в популяції різко зростає частка самців. Збільшення частки самок в популяції соснового п'ядуна пов'язано з теплою і сухою погодою.

О. О. Орлов на прикладі соснового п'ядуна показав, що температура відіграє специфічний вплив на комах на певних стадіях розвитку. Так, низькі температури вересня призводять до затримки заляльковування і загибелі гусениць шкідника. Самці заляльковуються раніше самок, здорові – раніше заражених, тому при затримці заляльковування співвідношення статей в популяції порушувався в сторону самців, а ступінь зараженості популяції паразитами знижувалася. З одного боку, зрушення статевого індексу зменшує загальне число яєць, відкладених в наступному році, а отже, призводить до зменшення чисельності популяції соснового п'ядуна. З іншого боку, зменшення рівня зараження паразитами, призводить до збільшення виживання особин і далі, – до збільшення числа самок, числа відкладених яєць і числа гусениць наступного покоління. Таким чином, в цьому випадку вплив температури індукує складність і неоднозначний за спрямованістю свого впливу ланцюг причинно-наслідкових зв'язків.

При лісопатологічному моніторингу доводиться мати справу не з окремо взятими кліматичними факторами, а з їх поєднаннями, причому які безперервно змінюються в часі і просторі, найчастіше – з температурою і опадами вегетаційного періоду. При обстеженні необхідно організувати отримання не рідше ніж один раз на декаду або півмісяць відомостей з найближчої метеорологічної станції про середньодобові температури повітря і сум опадів. Одночасно потрібно мати у своєму розпорядженні дані по тій же метеостанції про багаторічні середні, по декадах або за половину місяця вегетаційного періоду для середньодобових температур повітря і сумарних опадів. Після отримання даних, обчислюються абсолютні та відсоткові відхилення за минулу декаду або півмісяць від багаторічних середніх як по температурі, так і по опадах. Отримані дані і результати обчислень дають можливість зробити висновок про те, наскільки минула декада або півмісяць сприяли або не сприяли розвитку і життєдіяльності моніторингових шкідників.

Ми в своїх дослідженнях, використовуючи імітаційні моделі динаміки чисельності популяцій шкідників лісу, зокрема вибравши в якості модельного виду соснового пильщика, а в якості модельних територій Перганське, Копищанське, Селезівське ПНДВ Поліського природного заповідника та ДП «Сновськрайагролісгосп» довели, що для моделі соснового пильщика, ключовими кліматичними факторами є ГТК травня і опади червня та серпня. Тепла і суха погода в травні, а також суха погода в червні-серпні будуть сприяти зростанню чисельності популяції. При кліматичній зміні, які будуть виражатися в підвищенні температури травня на 2 - 3°C і зменшенні рівня травневих опадів на 20 - 30% в центральних районах Житомирської та Чернігівської областей може виникнути кліматична обстановка, сприятлива для розвитку спалахів масового розмноження соснового пильщика.

Зв'язок спалахів масового розмноження соснового верхівкового короїда з посухами підтверджується усіма авторами, що вивчали їх. Чим довший і інтенсивніший посушливий період, тим інтенсивніший викликаний ним спалах. Таким періодом, наприклад для Центральної та Східної частини Полісся, була сильна посуха в 2003, 2011 рр., яка викликала спалах масового розмноження соснового пильщика, небувалому по територіальному охопленні, інтенсивності протікання і всихання пошкоджених дерев. Сосновий пильщик і верхівковий короїд настільки добре реагують на потепління та інсоляцію, які супроводжують посушливу погоду, що навіть вже загаслі їх спалахи знову інтенсифікуються, і набувають тривалий характер. Тому при настанні першої ж посухи в місцевостях з річним або змінним циклом розвитку шкідника, слід посилити моніторинг і розширити його на інші облікові резервації. При повторній посусі слід провести детальне обстеження тих резервацій, а також схожих з ними насаджень. В місцевостях, розташованих на північ від липневої ізотерми $+18^{\circ}\text{C}$, сосновий пильщик розвивається по 2-річному циклу, в місцевостях на південь від липневої ізотерми $+20^{\circ}\text{C}$ розвиток протікає за річним циклом, в місцевостях, розташованих в межах між названими ізотермами, розвиток протікає по змінному циклу.

Як приклад використання метеорологічної інформації, можна навести прогноз розвитку соснового пильщика в умовах центрального лісогосподарського району Рівненщини. Прогноз був представлений фахівцями УкрНДІЛГА в 2008 році. Для прогнозу розвитку спалахів масового розмноження соснового пильщика були проаналізовані дані чотирьох метеостанцій в районі обстеження, і побудовані графіки зміни дефіциту вологості повітря за вегетаційний період. Дефіцит вологості повітря за 2008-2017 рр. по всіх метеостанціях постійно утримувався або в межах норми, а в окремі роки перевищував багаторічну норму на 15 -

25%. Високий дефіцит вологості відповідав спекотній і сухій погоді, сприятливій для реалізації спалахів масового розмноження соснового пильщика. В доповнення до графіка зміни дефіциту вологості була побудована термічна діаграма погодних умов літа 2008 року. Погодні умови літа 2010 року були сприятливі для розвитку соснового пильщика, так як травень і липень виявилися посушливими. Заляльковування гусениць, літ метеликів і розвиток яєць проходили в оптимальних для шкідника умовах. Серпень і вересень характеризувались підвищеною кількістю опадів, але розподіл їх в сезон був нерівномірним і велика частка їх припадала на перші декади липня. Гусениці соснового пильщика пішли на зимівлю в суху підстилку, в зв'язку з чим розвитку грибних захворювань типу коренева губка не очікувалось. На підставі цих даних і даних по динаміці чисельності шкідника, був складений прогноз про очікуване сильне пошкодження хвої сосновим пильщиком, який надалі повністю підтвердився.

Негативний вплив на стан лісових насаджень створюють аномальні відхилення основних метеорологічних показників від норми.

Гідрометеорологічною службою України розроблені і використовуються критерії гідрометеорологічних, геліофізичних явищ і екстремально високого забруднення природного середовища, які за своєю інтенсивністю або районі поширення можуть завдати шкоди лісовому господарству і населенню, а також викликати стихійні лиха. Критерії метеорологічних, агрометеорологічних явищ і екстремально високого зараження середовища, можуть успішно використовуватися при оцінці можливості пошкодження і ослаблення лісових насаджень (бурелом, вітровал, градобій, пошкодження заморозками в вегетаційний період, морозобій, пошкодження промисловими викидами і т. д.). Аналіз стихійних явищ природи в масштабах країни дозволить оперативно координувати роботи по лісопатологічному обстеженні пошкоджених

лісових масивів, своєчасно ліквідувати наслідки. Стихійні (особливо небезпечні) явища погоди реєструють всі метеостанції і пости країни. Щорічно по регіонах, відповідними територіальними управліннями по гідрометеорології та контролю природного середовища, виконується фіксація і опис цих явищ. Нижче ми коротко наведено перелік критеріїв, можливих для використання в оперативному прогнозі стану лісових насаджень у відповідності з «Положенням про порядок складання та передачі попереджень про виникнення стихійних (особливо небезпечних) гідрометеорологічних, геліофізичних явищ і екстремально високе забруднення природного середовища».

Метеорологічні і агрометеорологічні явища:

вітер, в тому числі шквали та смерчі – максимальна швидкість 25 м / с і більше;

злива – кількість опадів 50 мм і більше протягом 12 годин і менше, а в гірських, селєвих і зливонебезпечних районах – 30 мм і більше за 12 год. і менше;

крупний град – діаметр градин 20 мм і більше;

сильні снігопади – кількість опадів 20 мм і більше за 12 год і менше;

сильні хуртовини – протягом дня або ночі переважна швидкість вітру 15 м / с і більше;

сильна ожеледь – діаметр відкладень на дротах стандартного

ожеледного верстата 20 мм і більше; складні відкладення – діаметр 35 мм і більше;

заморозки в вегетаційний період – зниження температури повітря (на поверхні ґрунту) нижче 0°C;

сильний мороз (критерії встановлюються Укргідрометом);

сильна спека (критерії встановлюються Укргідрометом);

надзвичайна пожежна небезпека – показник пожежної небезпеки більше 10000°C (за формулою В. Г. Нестєрова).

Критеріями екстремально високого забруднення природного середовища для атмосферного повітря є вміст одного або декількох речовин, що перевищують гранично допустиму концентрацію (ГДК):

в 50 разів і більше;

в 30 - 49 разів при збереженні цього рівня концентрації 8 годин і більше;

в 20 - 29 разів при збереженні цього рівня концентрації більше 2 діб.

В якості основних джерел інформації слід використовувати дані річних технічних оглядів стихійних явищ. Однак для цілого ряду випадків, необхідно передбачити отримання відомостей по півріччях або кварталах. Наприклад, сильні морози в початку року, весняні заморозки і урагани в цей період часу. Найбільша оперативність можлива при організації централізованого отримання матеріалів через Гідрометцентр у вигляді зведених даних і картограм. Для зберігання і обробки матеріалу передбачається створення баз метеоданих і координат стихійний лих.

Вітровал, бурелом. Пошкодження лісових насаджень вітром часто набуває стихійний характер, завдаючи істотної шкоди лісовому господарству. Слідом за поваленням лісу часто поширюються пожежі. Відзначено, що вітровали протягом багатьох років приурочені до одних і тих же районів, що пов'язано з особливостями рельєфу. Зі збільшенням віку, збільшується і частка буреломних дерев. Більшість вітровальних дерев спостерігається в місцях, де рівень ґрунтових вод влітку вище 1 м. Це оптимально для високобонітетних насаджень I та Ia класу бонітету. Ступінь пошкодження листяних порід пов'язана з сезоном року: в безлистому стані значно підвищується стійкість до вітру.

Вітровал і вітролом окремих дерев або груп їх в лісі – явище, що відбувається вже при швидкостях вітру до 8 - 10 м/с, тобто при звичайних середніх, а за певних умов і слабких швидкостях. Особливу небезпеку для лісу представляють шторм і ураган, при яких сила вітру досягає 9 - 12 балів за шкалою Бофорота, що перевищує 18,3 м/с.

Суцільні площі вітровалу утворюються при швидкості вітру 35 - 40 м/с. При швидкості 20 - 24 м/с відбувається більш-менш масовий вивал перестійних або уражених кореневими гнилями дерев; при швидкості 20 м/с – одиничний або груповий вивал біологічно приречених дерев. Вітровалам сприяють гнилі коренів, а бурелому – гнилі стовбурів.

Особливо небезпечні при сильних вітрах грибні хвороби заболонної деревини. За даними С. І. Ваніна, 85% обстежених дерев після урагану 2004 року в ДП «Радомишльське ЛМГ» Житомирської області виявилися ураженими різними грибними захворюваннями. Основними причинами вітровала є наступні групи факторів: орографічні (вітронебезпечні форми рельєфу, розташування гірських систем вздовж напрямку переважаючих вітрів, підвищення крутизни схилів, приуроченість до понижених елементів рельєфу); кліматичні (вітер, сильні посухи і морози, велика кількість опадів у вигляді дощу і мокрого снігу; ґрунтово-гідрологічні (надлишково зволожені і поганодреновані ґрунти, поверхнева коренева система); біологічні (вік, схильність до вивалювання різних порід дерев, структурна організація надземних і підземних частин дерев, зараженість хворобами, клас бонітету, повнота, породний склад, характер змішування порід); господарські (відсутність рубок догляду, безсистемні рубки і інтенсивна експлуатація лісів, вік рубки, неправильне розміщення лісів по околицях галявин суцільних лісосічних рубок і на ділянках, відкритих панівним вітрам, створення монокультур сосни, ялини на великих площах, використання насіння сосни, ялини невідповідних посівних якостей).

В даний час визнано неможливість розрахунку стійкості дерев проти вивалювання. Міцність на злам залежить, наприклад, від характеру гнилі і її поширення, взаємодії корневих систем, нерівномірності річних кілець та інших факторів. Вплив вітру на ліс пов'язаний з комплексом факторів і умов, відобразити які тільки у вигляді

механічних розрахунків поки не можливо. Тому в прогнозі можливих пошкоджень лісових насаджень вітром можна рекомендувати дані аналізу вітрової обстановки при масових вітровалах. За даними О. О. Орлова, критичною для лісу є швидкість вітру 25 ± 5 м/с. Це значення має експериментальне підтвердження. Пошкодження лісових масивів вітром на значних площах завдає шкоди найбільш цінним для лісового господарства насадженням. Для оперативного прогнозу можливості пошкодження вітром лісових насаджень, необхідно здійснювати контроль вітрової обстановки. Обліку підлягають всі випадки, коли швидкість вітру, в тому числі і його поривів, сягає 25 м/с. У агрометеорології вітер такої швидкості відноситься до стихійних (особливо небезпечним) явищ погоди і фіксується метеостанціями і метеопостами.

Сніголам, ожеледь, град. До твердих опадів, що пошкоджують дерева відносяться сніг, ожеледь, град. Від навалу снігу на крони дерев хвойних порід вони можуть бути зламані, зігнуті або вивернуті з корінням. Відомо, що ступінь пошкодження дерев залежить від кількості снігу, стану його на момент випадання (сухий, вологий), а також від температури і вологості повітря. У разі, якщо температура дерев залишається деякий час нижче 0°C , а падаючі снігові опади вологіші, вони швидко примерзають до холодних гілок і утворюють важкі, міцні нашарування. Цей процес активізується, коли температура повітря поблизу земної поверхні низька, а в атмосфері відбувається переміщення шарів повітря. Якщо в таких випадках снігопад є досить тривалий, то накопичення снігу на кронах досягає таких розмірів, що ламаються стовбури і гілки навіть дерев старшого віку. Пошкодження від сніголаму проявляється у вигляді початкового нахилу стовбурів або флагоподібної крони. При цьому є велика ймовірність вивалювання дерев або поперечного їх переламування. Найбільша ймовірність пошкоджень від навали снігу створюється в молодих насадженнях при

тривалій безвітряній погоді і рясних снігопадах, при відлизі, коли сніг вологий і важкий. Такі пошкодження найчастіше відбуваються в надмірно густих древостанах сосни і ялини з тонкими і слабкими стовбурами, а також в деревостанах, де нещодавно пройшли рубки догляду, коли дерева ще не встигли зміцнити свої стовбури після розрідження. Таким чином, вихідними параметрами для визначення загрози сніголаму в першу чергу є інтенсивність снігопаду і температурні показники стану повітря. Додаткова умова – наявність безвітряної погоди, що не дає змоги струшування снігу з крон дерев. У літературі немає відомостей про порогову інтенсивності снігопаду, що викликає сніголам. Це пов'язано з тим, що пошкодження викликається сукупним впливом ряду наведених факторів і умов. Снігопади в будь-якому випадку повинні бути рясними, але при різних інших умовах кількість снігу, що викликала сніголам, може істотно відрізнятись. Так, для поліських лісів Житомирщини та Чернігівщини, несприятливим періодом був листопад-грудень 2003 року, коли випало 40 - 50 см снігу на галявинах при безвітряній погоді, а рівненські ліси постраждали в другій половині травня 2005 року від несподіваного і рясного снігопаду: шар снігу досяг 15 см за 2 доби.

Сніголам може виникати в різних районах України. Вивчення відомих випадків масового сніголаму дозволяє зробити висновок, що найбільша ймовірність господарського збитку приходить на зимові снігопади, що супроводжуються відлигами. Це найбільш характерно для Північно-Західної частини зони Полісся України. Сильні снігопади з кількістю опадів 20 мм і більше (в перерахунку на рідкі опади) відносяться в агрометеорології до стихійних (особливо небезпечних) явищ погоди. Даний критерій інтенсивності снігопаду може бути запропонований для використання в прогнозуванні сніголамів. Додатково слід аналізувати випадки значного перевищення норми опадів в зимові місяці. Відсоток перевищення норми вимагає уточнення для конкретних

регіонів. Інтенсивність снігопадів повинна розглядатися на тлі температурного режиму і аналізу вітрової обстановки.

Ожеледь – намерзання прозорого льоду на гілках дерев. Збільшення ваги гілок, або в цілому крон дерев призводить до їх згинання, часто вони не витримують і ламаються. Лісу ожеледь заподіює пошкодження набагато рідше, ніж сніг, і частіше відзначається в лісостеповій зоні країни. Однак пошкоджуються не тільки хвойні породи, а й листяні в разі, якщо явище має місце до листопада. У листяних порід в безлистому стані значно підвищується стійкість до ожеледі. Ожеледь – типовий прояв ожеледних явищ; виникає у випадку випадіння рідких опадів при негативних температурах повітря в нижньому шарі атмосфери. В агрометеорології інтенсивність ожеледиці реєструється за допомогою стандартного ожеледного верстата. Діаметр відкладень його на електродротах в 20 мм і більше оцінюється як стихійне (особливо небезпечне) погодне явище. Аналіз ожеледних явищ такої інтенсивності може стати основою оперативного прогнозу та ймовірних пошкоджень насаджень. Випадання опадів у вигляді граду досить поширене метеорологічне явище, зазвичай відзначається в травні-серпні. Однак істотні пошкодження градом лісових насаджень відмічається рідко. Це відбувається при дуже великому розмірі градин. У агрометеорології випадання граду з розмірами 2 см і більше відноситься до стихійних (особливо небезпечним) явищ погоди. Такі опади викликають масову загибель посівів, на плодових і інших деревах виникають градобійних рани, пошкоджуються листя і генеративні органи. Цей критерій з успіхом може бути використаний і при оцінці можливих пошкоджень лісових насаджень.

Вплив вкрай високих та вкрай низьких температур. Вплив вкрай високих і низьких температур на стан лісових насаджень викликано тим, що у всіх випадках найбільш часто і інтенсивно пошкоджується дві

породи – дуб і ялина. В центральних та східних районах зони Полісся України, згубними частіше бувають не зимові 20-ти градусні морози, а весняні заморозки, особливо при зниженні температур до -1, - 5°C. Особливо небезпечний швидкий перехід від холоду до тепла і навпаки. Облік весняних і осінніх заморозків найбільш простий, оскільки ми маємо справу зі звичайним фіксуванням певного рівня температур, які останнім часом можуть бути надійно предбачуваним. В багатьох випадках виникає необхідність враховувати фактори, які посилюють прояв несприятливого впливу заморозків (ландшафтна структурована місцевість і приуроченість лісових масивів). Деревні рослини найбільш чутливі до низьких температур в молодому віці. У зв'язку з цим найбільшої шкоди заморозки спричиняють навесні, де завдають природному поновленню на свіжих зрубках, лісових культурах і розсадниках особливої шкоди.

В таких умовах найбільш ймовірно пошкодження вкрай високими температурами. Особливо характерні опіки травневих пагонів сосики і ялин, загибель їх сходів від опалу (засихання) кореневої шийки. У зв'язку з цим, до зони з ймовірною господарською шкодою слід віднести райони інтенсивного ведення лісового господарства, інтенсивних лісозаготівельних робіт з урахуванням ареалів зростання ялини звичайної, сосни звичайної, дуба звичайного. Реакція деревних порід на зимові морози залежить від попереднього вегетаційного періоду. Посушливий період, особливо на півдні, може так послабити деревні рослини, що понижені температури зими виявляються для них згубними. Зазвичай пошкодження рослин викликається температурами, значно нижче середнього багаторічного рівня. Вплив екстремально низьких температур посилюється в тому випадку, якщо вони діють тривалий час. Складність оцінки порогової температури, яка може завдати шкоди рослинам, пов'язана, з одного боку – з сильною географічною мінливістю цього показника, з іншого – різноманіттям погодних обставин. Так,

наприклад, рослини Північних районів України витримують низькі температури в безсніжний період.

Пошкодження зимовими низькими температурами посилюється попереднім об'їданням листогризучими шкідниками. Сувора зима 2002-2003 рр. завдала шкоди дібровам Бердичівського і Коростенського районів Житомирської області, проте, так як цьому передували об'їдання листогризучими шкідниками і ураження посухою, наслідки були катастрофічні. В результаті дії низьких температур при сильних зимових морозах виникає ще одне ураження, властиве головним чином дубу та ясену – морозобойні тріщини. Морозобійні тріщини служать своєрідним сенергітом грибної інфекції, яка проникає в середину дерев. Для різних регіонів країни в залежності від середніх багаторічних і екстремальних значень від'ємних зимових температур в агрометеорології розроблені критерії, що дозволяють виділяти особливо небезпечні понижені температури. Такі критерії встановлюються територіальними управліннями по гідрометеорології та контролю природного середовища для кожної метеостанції або близько розташованих метеостанцій. Критерії враховують можливості успішної перезимівлі сільськогосподарських культур, в тому числі і деревинно-чагарникових плодкових порід. У зв'язку з цим дані критерії можуть бути основою для прогнозування стану лісових насаджень. Згодом, накопичена в базах метеоданих інформація і аналіз на цій основі конкретних випадків пошкодження насаджень дозволяє внести необхідні поправки. В літературі на сьогоднішній день немає чітких відомостей про пошкодження хвойних порід зимовими заморозками навіть в умовах Північних районів України. Аборигенні види рослин в природних умовах зазвичай проявляють достатньою зимостійкістю. У деяких випадках відзначається лише загибель генеративних органів (чоловічі сережки ліщини, вільхи). Однією з найбільш пошкоджуваних зимовими

заморозками порід є дуб звичайний, особливо в Північно-Східній частині Рівненської, Житомирської, Чернігівської областей.

Висновки та перспективи подальших досліджень у цьому напрямку.

1. Встановлено, що хвороби, шкідники лісу та лісові пожежі в лісорослинних умовах Перганського, Копищанського, Селезівського ПНДВ Поліського природного заповідника, а також в лісорослинних умовах ДП «Сновськрайагролісгосп» в силу погодно-кліматичних особливостей весняно-осіннього періоду, щорічно знижують продуктивність соснових та сосново-березових деревостанів на 35,45%, а через пірогенний вплив внаслідок як інтенсивного відпаду, так й воєнних дій, додатково втрачається ще 24,7%.

2. Визначено, що для прогнозування розвитку та поширення шкідливих об'єктів, а також виникнення осередків лісових пожеж, доцільно систематично проводити лісопатологічний та пірологічний моніторинг, як в умовах Поліського природного заповідника, так й ДП «Сновськрайагролісгосп».

3. Доведено, що запропонована методологія цифрового моделювання для проведення аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки поточного та перспективного лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного стану є досить ефективною. Вона дозволяє на 32,4% виявляти осередки поширення хвороб та шкідників лісу.

4. Встановлено, що застосування математичного моделювання для аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки лісопатологічного та пірологічного стану є ефективним та перспективним при складанні довгострокових прогнозів, як в умовах природно-заповідного фонду Поліського природного заповідника, так й виробничих підрозділів ДП «Сновськрайагролісгосп».

5. Визначено, що запропонована методологія дає практичну змогу проводити реальні прогнози щодо можливості виникнення та поширення хвороб, шкідників, лісових пожеж зважаючи на оперативну метеорологічну інформацію та кліматичні фактори, в тому числі і небезпечні для людини, як в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, так й ДП «Сновськрайагролісгосп».

6. Практична апробація результатів проведених досліджень за участі цифрового моделювання для здійснення аналізу метеорологічної інформації щодо оцінки поточного та перспективного лісопатологічного, лісоентомологічного, лісопірологічного стану показала високу її кореляційну ефективність ($r=0,82$) досліджуваної методики, порівняно з іншими, що на сьогоднішній день є загальноприйнятими в лісопатології та лісозахисті України.

7. Встановлено, що перспективами подальшого використання, а також досліджень за участі запропонованої методології є її адаптація до інвазійних видів шкідників, а також теоретично можливих хвороб, що можуть потрапити на територію зони Центрального та Східного Полісся через недосконалі карантинні заходи в умовах воєнного стану.

Література:

1. Бережненко Ж. І. (2014). *Трофічні зв'язки листогризів з ряду лускокрилі (Lepidoptera) у полезахисних лісових смугах Лівобережного Лісостепу України*. Вісник ХНАУ. Серія «Фітопатологія та ентомологія». С. 25 - 44.

2. Балабух В. О., Зібцев С. В. (2016). *Вплив зміни клімату на кількість та площу лісових пожеж у північно-чорноморському регіоні України*. Український гідрометеорологічний журнал. Вип. 18. С. 39–61.

3. Барабаш М. Б., Татарчук О. Х., Гребенюк Н. П., Корж Т. В. (2009). *Практичний напрямок досліджень змін клімату в Україні*. Фізична

географія та геоморфологія. Науковий вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Вип. 57 (28). С. 96–102.

4. Бондар В. Н. (2019). *Причини та наслідки санітарного стану лісів і деградація лісових екосистем*. Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення в Україні: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 12 червня 2019 р.: матер. конф. Київ. С. 8–17.

5. Букша І. Ф., Бондарук М. А., Целіщев О. Г., Пивовар Т. С., Букша М. І., Пастернак В. П. (2017). *Прогноз життєздатності сосни звичайної і дуба звичайного у разі зміни клімату в рівнинній частині України. Лісівництво і агролісомеліорація*. Вип. 130. С. 73-84.

6. Букша І. Ф., Швиденко А. З., Бондарук М. А., Целіщев О. Г., Пивовар Т. С., Букша М. І., Пастернак В. П., Краковська С. В. (2017). *Методологія моделювання та оцінювання впливу зміни клімату на лісові фітоценози України*. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Вип. 266. С. 26–38.

7. Вакулюк П. Г., Тимошенко М. М., Левченко В. Б., Шульга І.В., Залевський Р.А. (2018). *Розвиток лісогосподарської справи на Україні*. ЖДУ ім. І. Франка. 212 с.

8. Ворон В. П., Коваль І. М., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є., Бологов О. Ю. (2017). *Рекомендації щодо ведення лісового господарства в умовах антропогенного впливу [затверджені науково-технічною радою Держлісагенства протокол № 3 від 20.04.2017 року]*. Харків. УкрНДІЛГА. 24 с.

9. Евдокимов В. Н. (2020). *Особливості радіального приросту сосни звичайної і вплив на його збудника кореневої губки*. Київ. Наукова думка, 256 с.

10. Коротков М. И. (2020). *Класифікація і діагностика ґрунтів України*. Харків. Знання, 341 с.

11. Коротков И. А. (2018). *Лісоросинне районування України*. Харків. Либідь. 437 с.

12. Лебедев А. В. (2019). *Патології сосни звичайної в різних типах лісів*. Харків. Кальварія. 190 с.

13. Лебедев А. В. (2019). *Патологія деревостанів сосни звичайної в різному віці*. Полтава. Знання. 169 с.

14. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Karpovych M. S., Romanyuk A. A., Hornovska S. V. *Phytopathological monitoring of dangerous outbreaks disease of forest trees with use method of changing radial increments in the conditions of the Polisky nature reserve*. DOI 10.26886/2520-7474.1(55)2023.1. Paradigm of knowledge № 1(55), 2023. С. 45-74.

15. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Hurzhii R. V., Romanyuk A. A., Belska O. V. *Fall of Pine phytomass after large scale forest fires in the conditions nature protection scientific research departments Polisky nature reserve*. Paradigm of knowledge № 1(59), 2024. DOI 10.26886/2520-7474.1(59)2024.1. Edition address: Zeil 12, 60313 Frankfurt, Germany. С. 37-54.

16. Levchenko V. B., Shulga I. V., Romanyuk A. A., Hornovska S. V., Makarchuk Y. I. *Innovative methodological aspects of forest pathological monitoring using meteorological information in forest management conditions of the Polissya nature reserve*. Paradigm of knowledge № 1(65), 2025. DOI 10.26886/2520-7474.1(65)2025.1 Edition address: Zeil 12, 60313 Frankfurt, Germany. S. 5 – 47.

17. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Romanyuk A. A., Trofimenko P. I., Hornovska S. V., Karpovych M. S., Belska O. V. *Dendro-botanical indication of the Forest pathological impact of pathogens of Root sponge, Pine sponge, postpirogenesis from the effects of Forest Fires on the radial growth of Scots Pine in the conditions of the Polissky nature reserve*.

Innovative Solutions In Modern Science. № 4(68), 2025. DOI 10.26886/2414-634X.4(68)2025.1 New York, USA. P. 1-38.

18. Пробні площі лісовпорядні (2006). *Метод закладання: СОУ 02.02-37-476: 2006. [Введ. з 2006-12-26].* Київ. Мінагрополітики України. 32 с.

19. Санітарні правила в лісах України: Затв. Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства від 26.10.2016 № 756 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п> (дата звернення 01.02.2020 р.) в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2016 р. № 756. 42 с.

20. Trofymenko P. I., Trofymenko N. V., Levchenko V. B., Machulsky H. M., Romanyuk A. A., Pinchuk O. V., Fuchilo Y. D., Kotlyarevska U. M., Hornovska S. V. *Scientific and analytical substitution of parametrs of risk models of the occurrence and spread of the causant of Septoriosi (Septoria tritici blotch, STB) on the example of winter wheat in Ukraine and Europe in the context of climate change dynamics dy 2050.* Innovative Solutions In Modern Science. № 5(69), 2025. DOI 10.26886/2414-634X.5(69)2025.1 1 New York, USA. P. 5 – 41.

21. Трофименко П. І., Трофименко Н. В., Левченко В. Б. (2025). *Моделювання технологічних процесів і систем в агрономії.* Житомир. Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. 192 с., іл.

22. Юхновский В. Ю., Проценко И. А., Крук В. М. (2018). *Санітарний стан соснових насаджень на рекультивованих землях.* Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. Вып. 28(11). С. 55–59.

23. Shiatov, S. G., Vaganov, E. A., Kirdianov, A. V., Kruglov, V. B., Mazepa, V. S, Naurzbaev, M. M., & KHantemirov, R. M. (2000). *Dendrochronology methods. Part I. Fundamentals of dendrochronology.* Collection and receipt of tree-ring information. Sumy. 80 p.

References:

1. Berezhnenko Zh. I. (2014). Trofichni zviazky lystohryziv z riadu luskokryli (Lepidoptera) u polezakhysnykh lisovykh smuhakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. Visnyk KhNAU. Serii «Fitopatolohiia ta entomolohiia». S. 25 - 44. [in Ukrainian].
2. Balabukh V. O., Zibtsev S. V.(2016). Vplyv zminy klimatu na kilnist ta ploschu lisovykh pozhezh u pivnichno-chornomorskomu rehioni Ukrainy. Ukrainskyi hidrometeorolohichni zhurnal. Vyp. 18. S. 39–61. [in Ukrainian].
3. Barabash M. B., Tatarchuk O. Kh., Hrebeniuk N. P., Korzh T. V. (2009). Praktychni napriamok doslidzhen zmin klimatu v Ukraini. Fizychna heorafiiia ta heomorfolohiia. Naukovi visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Vyp. 57 (28). S. 96–102. [in Ukrainian].
4. Bondar V. N. (2019). Prychyny ta naslidky sanitarnoho stanu lisiv i dehradatsiia lisovykh ekosystem. Sosnovi lisy: suchasnyi stan, isnuichi problemy ta shliakhy yikh vyrishennia v Ukraini: Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia, m. Kyiv, 12 chervnia 2019 r.: mater. konf. Kyiiv. S. 8–17. [in Ukrainian].
5. Buksha I. F., Bondaruk M. A., Tselishchev O. H., Pyvovar T. S., Buksha M. I., Pasternak V. P. (2017). Prohnoz zhyttiezdatnosti sosny zvychainoi i duba zvychainoho u razi zminy klimatu v rivnynnii chastyni Ukrainy. Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia. Vyp. 130. S. 73-84. [in Ukrainian].
6. Buksha I. F., Shvydenko A. Z., Bondaruk M. A., Tselishchev O. H., Pyvovar T. S., Buksha M. I., Pasternak V. P., Krakovska S. V. (2017). Metodolohiia modeliuvannia ta otsiniuvannia vplyvu zminy klimatu na lisovi fitotsenozy Ukrainy. Naukovi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Vyp. 266. S. 26–38. [in Ukrainian].

7. Vakuliuk P. H., Tymoshenko M. M. , Levchenko V. B., Shulha I.V., Zalevskiy R.A. (2018). Rozvytok lisohospodarskoi spravy na Ukraini. ZhDU im. I. Franka. 212 s. [in Ukrainian].
8. Voron V. P., Koval I. M., Sydorenko S. H., Melnyk Ye. Ye., Bolohov O. Yu. (2017). Rekomendatsii shchodo vedennia lisovoho hospodarstva v umovakh antropotekhnohennoho vplyvu [zatverdzeni naukovy-tekhnichnoiu radoiu Derzhlisahenstva protokol № 3 vid 20.04.2017 roku]. Kharkiv. UkrNDILHA. 24 s. [in Ukrainian].
9. Evdokymov V. N. (2020). Osoblyvosti radialnogo pryrostu sosny zvychainoi i vplyv na yoho zbudnyka korenevoi hubky. Kyev. Naukova dumka, 256 s. [in Ukrainian].
10. Korotkov M. Y. (2020). Klasyfikatsiia i diahnostyka hruntiv Ukrainy. Kharkov. Znanyia, 341 s. [in Ukrainian].
11. Korotkov Y. A. (2018). Lisorosynne raionuvannia Ukrainy. Khrkiv. Lybid. 437 s. [in Ukrainian].
12. Liebiediev A. V. (2019). Patolohii sosny zvychainoi v riznykh typakh lisiv. Kharkiv. Kalvaryia, 190 s. [in Ukrainian].
13. Liebiedev A. V. (2019). Patolohiia derevostaniv sosny zvychainoi v riznomu vitsi. Poltava. Znannia, 169 s. [in Ukrainian].
14. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Karpovych M. S., Romanyuk A. A., Hornovska S. V. Phytopathological monitoring of dangerous outbreaks disease of forest trees with use method of changing radial increments in the conditions of the Polisky nature reserve. DOI 10.26886/2520-7474.1(55)2023.1. Paradigm of knowledge № 1(55), 2023. S. 45-74. [in English].
15. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Hurzhii R. V., Romanyuk A. A., Belska O. V. Fall of Pine phytomass after large scale forest fires in the conditions nature protection scientific research departments Polisky nature reserve. Paradigm of knowledge № 1(59), 2024. DOI 10.26886/2520-

7474.1(59)2024.1. Edition address: Zeil 12, 60313 Frankfurt, Germany. S. 37-54. [in English].

16. Levchenko V. B., Shulga I. V., Romanyuk A. A., Hornovska S. V., Makarchuk Y. I. Innovative methodological aspects of forest pathological monitoring using meteorological information in forest management conditions of the Polissya nature reserve. Paradigm of knowledge № 1(65), 2025. DOI 10.26886/2520-7474.1(65)2025.1 Edition address: Zeil 12, 60313 Frankfurt, Germany. S. 5 – 47. [in English].

17. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Romanyuk A. A., Trofimenko P. I., Hornovska S. V., Karpovych M. S., Belska O. V. Dendro-botanical indication of the Forest pathological impact of pathogens of Root sponge, Pine sponge, postpirogenesis from the effects of Forest Fires on the radial growth of Scots Pine in the conditions of the Polissky nature reserve. Innovative Solutions In Modern Science. № 4(68), 2025. DOI 10.26886/2414-634X.4(68)2025.1 New York, USA. P. 1-38. [in English].

18. Probni ploshchi lisovporiadni (2006). Metod zakladannia: SOU 02.02-37-476: 2006. [Vved. z 2006-12-26]. Kyiv. Minahropolityky Ukrainy. 32 s. [in Ukrainian].

19. Sanitarni pravyla v lisakh Ukrainy: Zatv. Nakazom Ministerstva ahrarynoi polityky ta prodovolstva vid 26.10.2016 № 756 [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: [http:// zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-p](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-p) (data zvernennia 01.02.2020 r.) v redaktsii postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 26 zhovtnia 2016 r. № 756. 42 s. [in Ukrainian].

20. Trofymenko P. I., Trofymenko N. V., Levchenko V. B., Machulsky H. M., Romanyuk A. A., Pinchuk O. V., Fuchilo Y. D., Kotlyarevska U. M., Hornovska S. V. Scientific and analytical substitution of parametrs of risk models of the occurrence and spread of the causant of Septoriosi (Septoria tritici blotch, STB) on the example of winter wheat in Ukraine and Europe in the context of climate change dynamics dy 2050. Innovative Solutions In

Modern Science. № 5(69), 2025. DOI 10.26886/2414-634X.5(69)2025.1 1
New York, USA. P. 5 – 41. [in Ukrainian].

21. Trofymenko P. I., Trofymenko N. V., Levchenko V. B. (2025). Modeliuvannia tekhnolohichnykh protsesiv i system v ahronomii. Zhytomyr. Vyd-vo ZhDU im. I. Franka. 192 s., il. [in Ukrainian].

22. Iukhnovskiy V. Yu., Protsenko Y. A., Kruk V. M. (2018). Sanitarnyi stan sosnovykh nasadzhen na rekultyvovanykh zemliakh. Naukovyi visnyk Natsionalnoho lisotekhnichnoho universytetu Ukrainy. Выр. 28(11). S. 55–59. [in Ukrainian].

23. Shiiatov, S. G., Vaganov, E. A., Kirdianov, A. V., Kruglov, V. B., Mazepa, V. S, Naurzbaev, M. M., & KHantemirov, R. M. (2000). Dendrochronology methods. Part I. Fundamentals of dendrochronology. Collection and receipt of tree-ring information. Sumy. 80 p. [in Ukrainian].

Citation: Valery Levchenko, Igor Shulga, Yaroslav Fuchylo, Alla Romanyuk, Petro Trofymenko, Andrii Koliada, Svitlana Hornovska, Marina Karpovych, Ulyana Kotlyarevska, Inna Zhuravska (2026). METHODOLOGIES AND SCIENTIFIC AND PRACTICAL INNOVATIONS OF THE APPLICATION OF DIGITAL MODELING FOR THE ANALYSIS OF METEOROLOGICAL INFORMATION REGARDING FOREST PATHOLOGICAL, FOREST ENTOMOLOGICAL, FOREST PYROLOGICAL MONITORING IN THE CONDITIONS OF NATURE CONSERVATION SCIENTIFIC AND RESEARCH DEPARTMENTS OF THE POLISKY NATURE RESERVE AND SE «SNOVSKRAYAGROLISHOSP». Frankfurt. TK Meganom LLC. Paradigm of knowledge. 1(71). doi: 10.26886/2520-7474.1(71)2026.2

Copyright Valery Levchenko, Igor Shulga, Yaroslav Fuchylo, Alla Romanyuk, Petro Trofymenko, Andrii Koliada, Svitlana Hornovska, Marina Karpovych, Ulyana Kotlyarevska, Inna Zhuravska ©. 2026. 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.