



**О. Б. ПРИХОДЬКО¹, В. П. ПАСТЕРНАК², Т. С. ПИВОВАР², В. Ю. ЯРОЦЬКИЙ³,
О. І. ЛЯЛІН²**

**ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІКИ ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ І СТАНУ ЛІСІВ
У ПРИДОНЕЦЬКОМУ СТЕПУ В КОНТЕКСТІ ЗМІНИ КЛІМАТУ**

¹Державне підприємство «Лиманське ЛГ»

²Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

³Національний природний парк «Кремінські ліси»

Виявлено особливості динаміки показників лісового фонду за 15-річний період у Придонецькому Степу України (на прикладі ДП «Лиманське лісове господарство», Донецька область) за даними лісовпорядкування та базою даних «Лісовий фонд». Простежено динаміку стану насаджень за даними моніторингу лісів. Проаналізовано кліматичні показники регіону досліджень за останні 60 років. Лісові насадження підприємства є типовими для регіону: переважають соснові (*Pinus sylvestris* L.) (57,4 % за площею) та дубові (*Quercus robur* L.) (17,8 %) деревостани. За останні 15 років площа соснових деревостанів дещо зменшилася, переважно внаслідок санітарних рубок в ослаблених та всихаючих деревостанах, а площа листяних порід і чагарників збільшилася. Кліматичні показники свідчать про тенденцію потепління та аридизації умов місцезростання, а дані моніторингу – про тенденцію погіршення стану соснових лісів.

К л ю ч о в і с л о в а : моніторинг, лісові ділянки, склад деревостанів, дефоліація.

Вступ. Зміна клімату призводить до суттєвих зсувів меж біокліматичних регіонів Землі. Зокрема, на рівнинній частині України межі природних зон за кліматичними показниками впродовж останніх 20 років зсунулися на північ до 100 км (Migration of climatic zones, 2020). В умовах зміни клімату та посиленого антропогенного впливу лісові насадження стають більш уразливими та менш стійкими до біотичних пошкоджень, знижується їхня продуктивність, і вони починають всихати (Vacek et al. 2016, Buksha et al. 2017, Shvidenko et al. 2018).

У зв'язку із недостатнім рівнем зволоження протягом вегетаційного періоду степова зона має малосприятливі умови для росту лісів, тому лісові насадження тут ростуть переважно вздовж річок і в балках (байрачні ліси), де джерелом вологи є ґрунтові води, а також на борових терасах. Лісистість Північно-степової лісогосподарської зони є низькою – 3,6 % (Gensiruk 2002). Ліси у Північному Степу виконують важливі рекреаційно-оздоровчі та екологічні функції: водоохоронні та ґрунтозахисні, збереження біорізноманіття тощо. Водночас вони є джерелом одержання деревини та недеревної продукції лісу.

У Північному Степу переважають чисті штучні соснові деревостани; наявні також листяні ліси з участю дуба звичайного (*Quercus robur* L.), робінії звичайної (псевдоакації) (*Robinia pseudoacacia* L.) (Gensiruk 2002). Хоча сосна є доволі посухостійким видом, проте за тривалих посух пригнічується робота її транспортної системи, зменшується інтенсивність фотосинтезу, зокрема синтезу захисних сполук, які запобігають заселенню дерев стовбуровими комахами та ураженню збудниками хвороб (Ziesche 2017). Протягом останнього десятиріччя соснові деревостани частіше пошкоджуються біотичними чинниками – кореневою губкою (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref) і короїдами *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) та *Ips sexdentatus* (Börner, 1776), що зумовлює погіршення стану деревостанів та їхнє всихання (Meshkova 2021).

Іншою загрозою лісам, пов'язаною зі зміною клімату, є лісові пожежі (Zibitsev et al. 2022). Це зумовлено зменшенням вологості, збільшенням температури повітря й тривалості пожежонебезпечного періоду, тоді як соснові ліси, що домінують у регіоні, мають найвищу категорію пожежної небезпеки (Borysenko 2017).

Причинами погіршення стану лісів є також помилки у веденні лісового господарства в минулому (зокрема вирощування чистих соснових деревостанів) і посилення антропогенного впливу.

Таким чином, важливо визначити динаміку стану лісів Придонецького Степу України з урахування зміни клімату.

Мета досліджень – виявити особливості структури лісового фонду та динаміки лісівничо-таксаційних показників лісових насаджень Придонецького Степу України в контексті зміни клімату.

Матеріали й методи. Дослідження проведено у ДП «Лиманське ЛГ», яке розташоване в Лівобережному Північному Степу України в Краматорському районі Донецької області. Це – один із найбільших лісових масивів Придонецького Степу. Лісові ландшафти території підприємства є типовими для Лівобережного Північного Степу України з домінуванням сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у сухих і свіжих борах та суборах і дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у свіжих грудях (Ostapenko & Tkach 2002). Оскільки переважна частка насаджень належить до категорії лісів природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення (Prihodko et al. 2019), це суттєво обмежує заходи з ведення лісового господарства.

Для дослідження динаміки показників лісового фонду використано результати двох обліків лісів (база даних ВО «Укрдержліспроєкт») – станом на 2005 і 2020 рр. та Проект організації та ведення лісового господарства ДП «Лиманське ЛГ» (2021).

Динаміку стану соснових деревостанів оцінювали за даними моніторингу лісів I рівня, спостереження проводили упродовж 2005–2021 рр. На ділянках моніторингу оцінювали основні показники стану: дефоліацію, дехромацію, частку сухоюстю та дерев із пошкодженнями, а також категорії санітарного стану дерев (Buksha et al. 2011a, Manual on methods and criteria 2016, Pasternak et al. 2020). Індекс санітарного стану визначали згідно із Санітарними правилами в лісах України (Sanitary Forests Regulations in Ukraine 2016). Ділянки моніторингу закладено в чистих штучних соснових деревостанах різного віку (від 39 до 99 років), переважно у свіжих борах. По одній ділянці також закладено в сухому бору та у свіжому субору (табл. 1).

Таблиця 1

Лісівничо-таксаційні показники соснових деревостанів на ділянках моніторингу I рівня (станом на 2021 р.)

| Ділянка | ТЛУ | Вік | Середні | | Повнота | Клас бонітету | Запас, м ³ ·га ⁻¹ |
|---------|----------------|-----|-----------|-------------|---------|---------------|---|
| | | | висота, м | діаметр, см | | | |
| 250911 | B ₂ | 80 | 28,0 | 38,8 | 0,73 | Ia | 455 |
| 250915 | A ₂ | 44 | 16,5 | 16,9 | 0,75 | I | 220 |
| 250916 | A ₂ | 99 | 25,5 | 31,7 | 0,65 | II | 360 |
| 250930 | A ₂ | 41 | 15,0 | 17,1 | 0,68 | I | 173 |
| 250933 | A ₁ | 39 | 13,5 | 14,2 | 0,54 | II | 120 |
| 250934 | A ₂ | 85 | 21,7 | 19,9 | 0,42 | II | 185 |
| 250936 | A ₂ | 69 | 24,5 | 27,9 | 0,75 | I | 372 |

Для виявлення тенденцій зміни клімату використано дані із сайту ClimateCharts.net (Zerper et al. 2020). Дані згруповані за 1960–1990 рр. (базовий клімат) та 1990–2019 рр. (поточний клімат). Для виявлення тренду кліматичних показників за останні десятиріччя дані згруповано за періоди 1990–2000, 2000–2010, 2010–2019 рр. Розраховано кліматичні показники: за Д. Воробйовим (індекс вологості та теплозабезпечення) (Vorobyov 1961), гідротермічний коефіцієнт (ГТК) Селянінова (Selianinov 1937), індекс де Мартона (Shvidenko et al. 2018).

Результати та обговорення. Регіон дослідження за значеннями індексів вологості (VW) та теплозабезпечення (T_{pos}) клімату за Д. Воробйовим (Vorobyov 1961) розташований у зоні Іе – сухий порівняно теплий клімат (дані за періоди 1960–1990 та 1990–2019 рр.). За останнє десятиріччя індекс вологості (VW) перевищив межі порогу кліматичного класу, тобто клімат

змінився на 0e (дуже сухий порівняно теплий клімат), а значення індексу теплозабезпечення наблизилося до граничного для класу «e», а в окремі роки відповідає класу «f».

Середньорічні значення температури повітря (T_p) у регіоні за останні 30-років збільшилися на 0,8°C (від 8,3°C до 9,1°C), причому темпи потепління прискорилися за останні 20 років. Якщо у 1990–2000 рр. приріст температури становив 0,2°C, то надалі він сягнув 0,7 та 0,6°C за десятиріччя (табл. 2). За останні 30 років мінімальні зимові температури збільшилися на 0,7°C, а літні – в середньому на 1,8°C.

Таблиця 2

Кліматичні показники для ДП «Лиманське ЛГ» (Climat charts)

| Період | T_p , °C | T_y , °C | P_y , мм | T_{pos} , °C | $P_{T_{pos}}$, мм | VW | IDM | HTKS | T_{min} , °C | T_{max} , °C |
|------------------|-------------|------------|------------|----------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| 1960–1990 | 26,9 | 8,3 | 518 | 112,1 | 396 | 0,3 | 28,4 | 0,90 | -5,6 | 21,3 |
| 1990–2000 | 27,1 | 8,5 | 513 | 113,5 | 394 | 0,2 | 27,7 | 0,92 | -4,6 | 22,5 |
| 2000–2010 | 26,5 | 9,2 | 545 | 121,5 | 411 | -0,1 | 28,4 | 0,88 | -4,7 | 21,8 |
| 2010–2019 | 27,6 | 9,8 | 517 | 126,6 | 371 | -0,7 | 26,2 | 0,77 | -4,8 | 22,8 |
| 1990–2019 | 28,0 | 9,1 | 525 | 120,1 | 394 | -0,2 | 27,5 | 0,86 | -4,9 | 23,1 |

Примітка. T_p – середня річна температура повітря, T_y – різниця між максимальною та мінімальною середньомісячними температурами, P_y – річна сума опадів, T_{pos} – сума додатних місячних температур, $P_{T_{pos}}$ – сума опадів за теплий сезон року (з додатними середньомісячними температурами), T_{min} – мінімальна середньомісячна температура повітря, T_{max} – максимальна середньомісячна температура, VW – індекс вологості Воробйова, IDM – індекс де Мартона, HTKS – ГТК Селянінова.

Річна сума опадів (P_y) збільшилася за останній 30-річний період у порівнянні з базовим на 1,4 %, причому найбільшою була у 2000–2010 рр. (545 мм), а в останнє десятиріччя зменшилася до базового рівня (517 мм). Більш суттєві зміни зафіксовані щодо кількості опадів за вегетаційний період ($P_{T_{pos}}$) за останнє десятиріччя, коли цей показник зменшився з 411 мм до 371 мм, і ці значення є найменшими за період дослідження. При цьому навіть за достатньої річної кількості опади випадали дуже нерівномірно, з тривалими посушливими періодами влітку.

Про зменшення вологості клімату за останні два десятиріччя свідчать також мінімальні для періоду 2010–2019 рр. значення показників ГТК Селянінова (0,77), індексу вологості за Д. Воробйовим (-0,7) та індексу де Мартона (26,2) (див. табл. 2). Таким чином, за останнє десятиріччя на тлі значного потепління відбулося суттєве зменшення кількості опадів, зокрема у вегетаційний період, що призвело до дефіциту вологи в регіоні і є несприятливим для росту деревної рослинності (Shvidenko et al. 2018).

Наслідком таких кліматичних змін є зміна гідрологічного режиму. Згідно з даними гідрологічних спостережень (The state 2021) поблизу Бахмута (Донецька область) на першій терасі Сіверського Дінця річна кількість опадів і рівень ґрунтових вод суттєво знизилась (рис. 1). Наочним підтвердженням цього факту є повне висихання озера Лиман (біля м. Лиман), яке за свідченнями місцевих мешканців поступово висихало починаючи з 2013 р.

Дані обліків лісів свідчать, що протягом останніх 15 років загальна площа лісового фонду ДП «Лиманське ЛГ» (табл. 3) не змінилася. Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок у 2020 р. становила 21 318,8 га (78,6 % від загальної площі лісових ділянок), 55,6 % із них становили лісові культури. У порівнянні з 2005 р. загальна площа лісових ділянок збільшилась у 2020 р. на 690,1 га (2,8 %). Це відбулось унаслідок як зменшення площ обробітки сільськогосподарських угідь (колишніх сіножатей і пасовищ), так в результаті змін ґрунтово-кліматичних факторів – заростання деревною рослинністю висохлих водно-болотяних угідь (площа яких зменшилася на 359,3 га у зв'язку зі зниженням рівня ґрунтових вод).

Позитивним є збільшення площі вкритих лісовою рослинністю ділянок і зменшення площі незімкнених лісових культур і зрубів (на 202,6 та 129,1 га відповідно). Водночас збільшилася площа рідколісь, згарищ і загиблих насаджень, прогалін і пустирів, що

пов'язане з погіршенням стану лісів і незадовільними процесами лісовідновлення на деяких ділянках. За період 2005–2020 рр. загинули лісові насадження на площі майже 460 га переважно внаслідок пожеж, ураження хворобами та дії несприятливих ґрунтово-гідрологічних і кліматичних чинників. Зокрема, суттєво вплинули пошкодження лісів унаслідок бойових дій 2014 р. та лісові пожежі 2014 р. на площі понад 1 180 га, з яких 10,0 га лісу знищено верховою пожежею (Gladunets 2017).

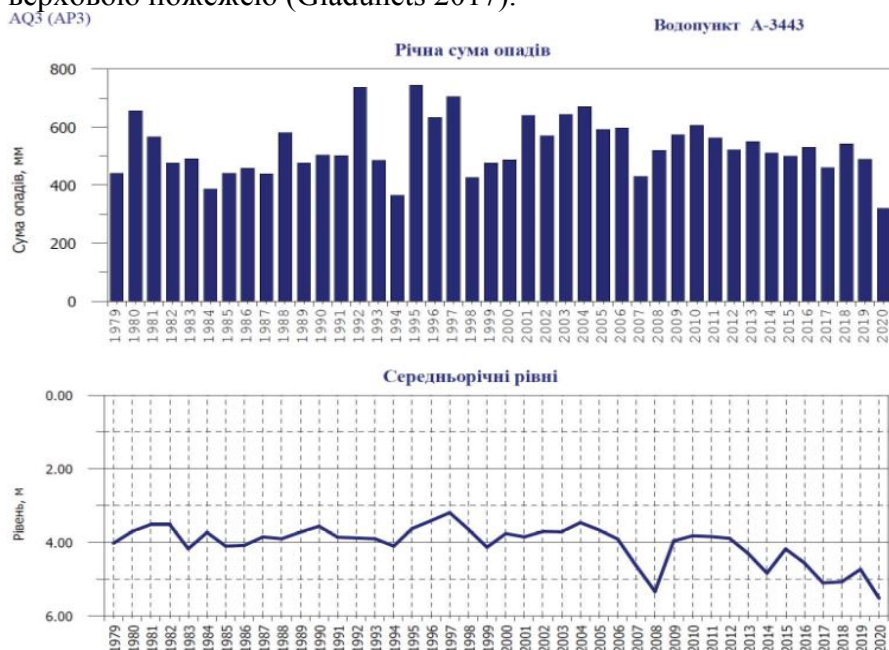


Рис. 1 – Динаміка річної кількості опадів та середньорічних рівнів ґрунтових вод (The state 2021)

Таблиця 3

Динаміка площі лісового фонду ДП «Лиманське ЛГ» за категоріями земель, га

| Категорія | Рік обліку | |
|--|------------|----------|
| | 2005 | 2020 |
| 1. Загальна площа | 27 123,0 | 27 123,0 |
| 2. Лісові ділянки | 24 875,1 | 25 565,2 |
| 2.1. Ділянки, вкриті лісовою рослинністю | 20 448,9 | 21 318,8 |
| Зокрема лісові культури | 12 318,9 | 11 861,1 |
| 2.2. Ділянки, не вкриті лісовою рослинністю: | 4 426,2 | 4 246,4 |
| 2.2.1. Незімкнуті лісові культури | 769,7 | 567,1 |
| 2.2.2. Лісові розсадники, плантації | 5,6 | 8,0 |
| 2.2.3. Рідколісся | 39,5 | 89,6 |
| 2.2.4. Згарища, загиблі насадження | 3,9 | 27,4 |
| 2.2.5. Зруби | 1 612,7 | 1 483,6 |
| 2.2.6. Прогалини, пустирі | 1 344,0 | 1 367,0 |
| 2.2.7. Лісові шляхи, просіки, протипожежні розриви | 650,8 | 703,7 |
| 3. Нелісові ділянки | 2 247,9 | 1 557,8 |

Одним із важливих показників лісового фонду є розподіл деревостанів за переважаючими деревними видами. За даними 2020 р. понад 75 % площ зайнято деревостанами з домінуванням двох основних лісоутворювальних деревних видів: сосни звичайної (57,4 %) і дуба звичайного (17,8 %). Інші хвойні насадження представлені сосною кримською (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (1914)). Листяні насадження представлені переважно вільхою клейкою (*Alnus glutinosa* L.) – 6,6 %, ясенем звичайним (*Fraxinus excelsior* L.) і березою повислою (*Betula pendula* Roth.) – 3,7 % кожна, робінією

звичайною (*Robinia pseudoacacia* L.) – 3,1 %, а також кленом ясенелистим (*Acer negundo* L.) – 0,8 % (табл. 4). Доволі значні площі зайняті скумпією звичайною (*Cotinus coggygia* Scop.) – 2,0 %.

Таблиця 4

Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю ділянок за панівними деревними видами за роками обліку

| Панівний деревний вид | Рік обліку | | Зміни | |
|----------------------------------|------------|----------|---------|-------|
| | 2005 | 2020 | га | % |
| Сосна звичайна | 12 563,7 | 12 235,1 | -328,6 | -2,6 |
| зокрема уражена кореневою губкою | 633,5 | 188,9 | -444,6 | -70,2 |
| Дуб звичайний | 3 522,4 | 3 799,9 | 277,5 | 7,9 |
| Ясен звичайний | 635,7 | 783,2 | 147,5 | 23,2 |
| Вільха клейка (чорна) | 1 244,3 | 1 399,8 | 155,5 | 12,5 |
| Береза повисла | 643,1 | 795,2 | 152,1 | 23,7 |
| Робінія звичайна (біла акація) | 503,5 | 656,0 | 152,5 | 30,3 |
| Клен ясенелистий | 52,1 | 179,4 | 127,3 | 244,3 |
| Інші листяні | 982,0 | 979,5 | -2,5 | -0,3 |
| Скумпія звичайна | 284,9 | 430,0 | 145,1 | 50,9 |
| Загалом хвойних | 12 580,9 | 12 295,8 | -285,1 | -2,3 |
| Загалом листяних | 7 583,1 | 8 593,0 | 1 009,9 | 13,3 |
| Загалом чагарників | 284,9 | 430,0 | 145,1 | 50,9 |

За період між обліками помічено зміни у співвідношенні хвойних, листяних і чагарників (рис. 2). Так, частка площі хвойних насаджень зменшилася, тоді як листяних насаджень та чагарників – збільшилася.

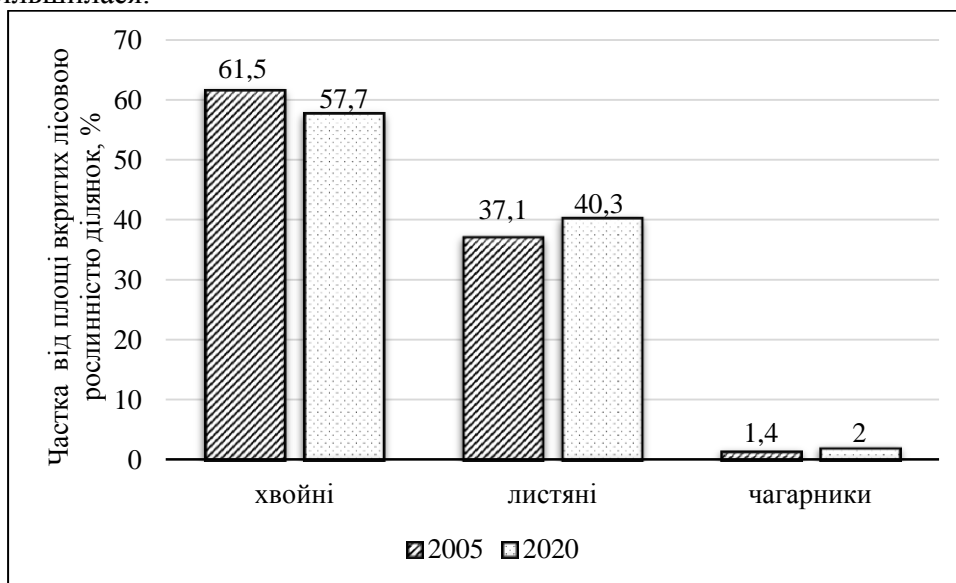


Рис. 2 – Динаміка частки площі хвойних і листяних насаджень, а також чагарників ДП «Лиманське ЛГ» за досліджуваній період

Протягом досліджуваного періоду площа соснових деревостанів зменшилася на 328,6 га (на 2,6 % від площі всіх соснових деревостанів), переважно в результаті санітарних рубок, проведених в осередках кореневої губки (див. табл. 3), а також лісових пожеж і всихання, пов'язаного з іншими чинниками, зокрема внаслідок ураження стовбуровими комахами та змін гідрологічних умов. Площа дубових деревостанів збільшилася (майже на 8 %), також зросла площа деревостанів із домінуванням ясена звичайного, берези повислої та вільхи клейкої (див. табл. 4). М'яколистяні породи поновлювалися переважно на висохлих болотах, залишених сіножатях і пасовищах.

З негативних тенденцій відзначено суттєве збільшення площ адвентивних видів: робінії звичайної та клена ясенелистого. Площа деревостанів робінії звичайної, як порівняти з 2005 р., збільшилася на 152,5 га, або на 30,3 %, переважно в розріджених соснових деревостанах і незімкнених лісових культурах, а також у результаті створення лісових культур. Площа деревостанів клена ясенелистого збільшилася більш ніж утричі. Важливим критерієм аридизації клімату є значне збільшення площі чагарників – скупії звичайної (на 145 га, або на 30 %).

Водночас у цих розрахунках узято до уваги лише площі, де зазначені види є панівними, хоча їх багато і в складі деревостанів (без зміни головної породи). Інтенсивне розповсюдження адвентивних видів негативно впливає на лісове біорізноманіття та ефективність ведення лісового господарства. Необхідна поступова заміна нестійких деревостанів за допомогою рубок переформування та лісовідновних рубок, формування мішаних насаджень переважно з аборигенних деревних видів, контроль інвазійних видів.

Деревостани з пануванням сосни звичайної ростуть переважно в А₂ (59,2 %), В₂ (24,1 %) і А₁ (13,3 %), дуба звичайного – у D₂ (43,1 %), D₁ (39,9 %) і В₂ (8,4 %), робінії звичайної у D₂ (38,6 %), С₂ (22,2 %), В₂ (18,3 %) і С₁ (14,5 %). Порівнюючи з даними 2005 р., площі соснових деревостанів зменшилися в сухих борах (А₁) на 1,5 % (переважно внаслідок пожеж і незадовільних процесів лісовідновлення), свіжих суборах (В₂) на 1,9 % (переважно внаслідок ураження кореневою губкою) і вологих суборах (В₃) на 0,2 % (унаслідок зниження рівня ґрунтових вод), збільшилися в свіжих борах А₂ на 3,2 %; в інших ТЛУ виявлено незначні зміни.

Аналіз динаміки розподілу лісових насаджень за групами віку свідчить, що частка молодняків, пристиглих, стиглих і перестійних деревостанів збільшилася, тоді як частка середньовікових деревостанів зменшилася (табл. 5).

Таблиця 5

Розподіл деревостанів ДП «Лиманське ЛГ» за групами віку, %

| Група віку | 2005 | 2020 | Оптимальний розподіл* |
|----------------------|------|------|-----------------------|
| Молодняки | 14,2 | 15,2 | 30,7 |
| Середньовікові | 64,5 | 53,5 | 45,0 |
| Пристиглі | 7,3 | 13,9 | 15,3 |
| Стигли та перестійні | 14,0 | 17,4 | 9,0 |

*Згідно з даними О. А. Гірса (Girs 2011).

Таким чином, розподіл за основними групами віку наближується до оптимального, але ще відрізняється від нього – він зсунутий у бік старших деревостанів і характеризується незначною часткою молодняків.

Інтегральним показником продуктивності деревостанів є клас бонітету, що залежить від лісорослинних умов, складу деревостанів, походження тощо (Hrom 2010). Деревостани сосни звичайної в лісовому фонді ДП «Лиманське ЛГ» характеризуються переважно середньою продуктивністю: II (50,5 %), I (26,6 %) та III (14,6 %) класи бонітету; деревостани дуба є дещо менш продуктивними – II (67,6 %) і III (20,9 %). За досліджуваний період дещо

підвищилася продуктивність деревостанів дуба звичайного та вільхи клейкої та зменшилася – сосни звичайної (табл. 6). У середньому продуктивність деревостанів не змінилась.

Відзначено загальну тенденцію до зниження відносної повноти (особливо соснових деревостанів), тоді як цей показник дубових і вільхових деревостанів дещо підвищився. Зниження відносної повноти соснових деревостанів пов'язане зі збільшенням відпаду дерев унаслідок впливу комах, хвороб, пошкодження пожежами та проведення вибіркових санітарних рубок. Аналіз даних свідчить про збільшення середнього віку соснових деревостанів на 8 років, а дуба – на 12 років. Старіння насаджень, погіршення їхнього стану та збільшення відпаду призвело до зменшення середньої зміни запасу соснових деревостанів на $0,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$, а загалом по підприємству на $0,3 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$. Все це знижує ефективність виконання насадженнями екологічних і рекреаційно-оздоровчих функцій, зокрема зменшення поглинання вуглекислого газу та виділення кисню.

Таблиця 6

Динаміка середніх таксаційних показників насаджень ДП «Лиманське ЛГ» за досліджуваний період

| Панівний деревний вид | Рік | Середній таксаційний показник | | | | | |
|-----------------------|------|-------------------------------|---------------|------------------|--|------------------------------------|---|
| | | Вік, років | Клас бонітету | Відносна повнота | Запас, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ | | Середня зміна запасу, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ |
| | | | | | вкритих лісовою рослинністю ділянок | стиглих і перестиглих деревостанів | вкритих лісовою рослинністю ділянок |
| Сосна звичайна | 2005 | 57 | I,6 | 0,73 | 250 | 242 | 4,4 |
| | 2020 | 65 | I,8 | 0,68 | 255 | 281 | 3,9 |
| Дуб звичайний | 2005 | 76 | II,5 | 0,64 | 194 | 208 | 2,5 |
| | 2020 | 88 | II,3 | 0,66 | 299 | 226 | 2,6 |
| Вільха клейка | 2005 | 52 | I,8 | 0,70 | 193 | 306 | 3,7 |
| | 2020 | 56 | I,7 | 0,75 | 218 | 312 | 3,9 |
| Разом | 2005 | 58 | I,9 | 0,70 | 221 | 190 | 3,8 |
| | 2020 | 66 | I,9 | 0,67 | 228 | 208 | 3,5 |

Зважаючи на доволі тривалий період спостережень за станом насаджень на ділянках моніторингу, у це дослідження включено дані 2005, 2010, 2015, 2020 і 2021 рр. (табл. 7).

Аналіз даних свідчить, що у середньому найнижчий рівень дефоліації відзначено у 2005 р. з подальшим суттєвим збільшенням у 2010–2021 рр. За період 2005–2010 рр. середня дефоліація збільшилась у середньому на 5,0 %, а протягом 2015–2021 рр. – на 8,3 %. Середня дефоліація дерев сосни у 2015 р. становила 8,8 % (див. табл. 7), що є зіставним показником із сусідніми регіонами Північного Степу: південною частиною Харківської (8,8 %) та північною частиною Луганської (13,8 %) областей (Buksha et al. 2011b). На рівні ділянок значення дефоліації у 2020 р. варіювало від 12,0 до 20,2 % (середнє значення по всіх ділянках становило 17,1 %). У 2021 р. на всіх ділянках моніторингу тенденція до погіршення стану соснових насаджень зберігалася, середня дефоліація збільшилась на 5,6 % (до 22,7 %). Таким чином, протягом останнього десятиріччя відбулося суттєве погіршення стану соснових деревостанів у регіоні досліджень, зокрема найсуттєвіші зміни відзначено у 2021 р.

За період спостережень максимальне значення дехромації зафіксовано у 2010 р. (13,1 %), надалі дехромація суттєво зменшилася (до 4,8 % у 2020 і 7,9 % у 2021 р.).

Таблиця 7

Динаміка середньої дефоліації та дехромації соснових деревостанів у лісовому фонді ДП «Лиманське ЛГ» (за даними спостережень на постійних ділянках моніторингу I рівня)

| Номер ділянки | Рік | | | | | Середнє багаторічне значення | σ |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------------------------------|------|
| | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2021 | | |
| Середня дефоліація, % | | | | | | | |
| 250911 | 13,4 | 8,9 | 8,9 | 12,0 | 12,6 | 11,1 | 2,2 |
| 250915 | 2,2 | 9,6 | 9,2 | 20,2 | 20,9 | 12,4 | 9,6 |
| 250916 | 3,3 | 9,7 | 9,2 | 18,7 | 20,3 | 12,2 | 9,7 |
| 250930 | 2,3 | 9,4 | 9,1 | 16,2 | 17,0 | 10,8 | 9,4 |
| 250933 | 1,7 | 7,8 | 7,6 | 16,8 | 20,5 | 10,9 | 7,8 |
| 250934 | 2,4 | 9,2 | 8,5 | 20,0 | 28,1 | 13,6 | 9,2 |
| 250936 | 3,6 | 9,0 | 8,9 | 15,5 | 39,8 | 15,4 | 9,0 |
| Усі ділянки | 4,1 | 9,1 | 8,8 | 17,1 | 22,7 | 12,3 | 8,0 |
| Середня дехромація, % | | | | | | | |
| 250911 | 8,3 | 10,0 | 7,9 | 5,8 | 5,6 | 7,0 | 7,4 |
| 250915 | 2,1 | 15,4 | 13,5 | 6,5 | 8,8 | 7,9 | 7,1 |
| 250916 | 1,7 | 12,3 | 9,2 | 5,2 | 6,1 | 5,7 | 5,2 |
| 250930 | 1,7 | 13,3 | 11,5 | 9,2 | 6,9 | 7,7 | 6,4 |
| 250933 | 0,5 | 14,6 | 10,4 | 5,6 | 7,7 | 5,9 | 5,9 |
| 250934 | 3,3 | 11,0 | 6,1 | 7,9 | 9,3 | 6,2 | 10,0 |
| 250936 | 2,7 | 14,8 | 14,2 | 7,7 | 10,8 | 8,3 | 7,0 |
| Усі ділянки | 2,9 | 13,1 | 10,4 | 6,8 | 7,9 | 7,0 | 7,2 |

У 2021 р. суттєве ослаблення соснових деревостанів у ДП «Лиманське ЛГ» відбулося внаслідок посилення несприятливих умов і пошкодження ослаблених деревостанів стовбуровими шкідниками (зокрема малим сосновим лубоїдом (*Tomicus minor* (Hartig, 1834)), а індекс санітарного стану насаджень хоч і зменшився на 12 %, але все ще свідчить про ослабленість дерев.

Дані моніторингу лісів також свідчать про суттєве збільшення останніми роками частки пошкоджених і всохлих дерев (табл. 8). Пошкодження дерев сосни виявлено майже на всіх ділянках. Серед пошкоджень переважали смолотеча та стовбурові шкідники.

Таблиця 8

Динаміка показників стану соснових насаджень на ділянках моніторингу у ДП «Лиманське ЛГ»

| Ділянка | I_c із сухостоєм* | | I_c живих дерев | | Частка сухостою, % | | Частка дерев з пошкодженнями, % | |
|---------|---------------------|------|-------------------|------|--------------------|------|---------------------------------|------|
| | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| 250911 | 2,2 | 1,5 | 2,2 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 4,2 | 4,2 |
| 250915 | 2,9 | 2,4 | 2,6 | 2,4 | 8,3 | 0,0 | 4,2 | 0,0 |
| 250916 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,1 | 12,5 | 8,0 | 0,0 | 8,7 |
| 250930 | 2,5 | 1,9 | 2,5 | 1,9 | 0,0 | 0,0 | 8,3 | 25,0 |
| 250933 | 2,3 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 8,3 |
| 250934 | 2,7 | 2,3 | 2,7 | 2,2 | 0,0 | 4,2 | 12,5 | 20,8 |
| 250936 | 2,4 | 2,7 | 2,4 | 2,5 | 0,0 | 8,3 | 0,0 | 8,3 |
| Середнє | 2,5 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 3,0 | 2,9 | 4,2 | 10,8 |

Примітка. I_c – індекс санітарного стану.

За прогнозами ІРСС (2022) очікується подальша зміна клімату. Результати досліджень українських вчених (Buksha et al. 2017) свідчать про негативні наслідки для лісів в Україні: зсув природно-кліматичних зон і природних ареалів лісоутворювальних видів, зокрема сосни звичайної. Наші дослідження підтвердили вплив змін клімату на ліси, що призводить до суттєвих змін складу деревостанів, погіршення стану та зниження продуктивності лісів.

У сучасних умовах важливо спрямовувати лісогосподарські заходи на пом'якшення негативних наслідків зміни клімату, зокрема адаптувати схеми лісових культур із урахуванням лісорослинних умов та цільового призначення насаджень, вирощувати мішані ліси, вчасно та високоякісно проводити рубки догляду й санітарні рубки з метою формування середньоповнотних деревостанів із меншою конкуренцією між деревами, вирощувати дерева із грубішою корою, здійснювати моніторинг осередків шкідників і хвороб.

Висновки. Підтверджено факт потепління та аридизації клімату в Придонецькому Степу України. Середня температура повітря збільшилася на 0,8°C за останні 30 років, причому темпи потепління були найвищими протягом останніх 20 років. Водночас суттєво зменшилися кількість опадів за вегетаційний період (майже на 10 %) за останнє десятиріччя, а також значення гідротермічних коефіцієнтів – індексу вологості Воробйова, ГТК Селянінова, індекса де-Мартона. Знизився рівень ґрунтових вод.

За період 2005–2020 рр. відбулася зміна складу деревостанів (зменшення площі соснових насаджень і збільшення площі листяних насаджень, зокрема дуба звичайного, ясеня звичайного, вільхи клейкої (чорної), а також робінії звичайної, клена ясенелистого (адвентивних видів) та чагарників – скумпії звичайної). Відбувається висихання боліт і їхнє заростання листяними лісами. Зафіксовано зменшення відносної повноти соснових деревостанів.

За даними моніторингу лісів виявлено суттєве погіршення санітарного стану соснових насаджень. Так, за період 2005–2010 рр. значення дефоліації збільшилося у середньому на 5,0 %, протягом 2015–2021 рр. — на 8,3 %, а найбільш суттєві зміни відзначено у 2021 р. Середній індекс санітарного стану живих дерев у 2020 р. становив 2,4, а у 2021 р. – 2,1, що свідчить про ослабленість дерев сосни.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Borysenko, O. I.* 2017. Fire hazard assessment for the stands of the State Enterprise “Kreminske Forest Economy” using GIS technology. *Forestry and Forest Melioration*, 130: 139–145.
- Buksha, I. F., Bondaruk, M. A., Tselishchev, O. G., Pyvovar, T. S., Buksha, M. I., Pasternak, V. P.* 2017. Vitality forecasting for Scots pine and English oak in condition of climate change in the lowland of Ukraine. *Forestry and forest melioration*, 130: 146–158 (in Ukrainian).
- Buksha, I. F., Pasternak, V. P., Pyvovar, T. S., Buksha, M. I., Yarotsky, V. Yu.* 2011a. Methodical materials on the forest monitoring level I and ensuring its quality. Kharkiv, UFIFFM, 56 p. (in Ukrainian).
- Buksha, I. F., Pyvovar, T. S., Buksha, M. I.* 2011b. The dynamics of the defoliation of pine trees crowns in Lugansk, Sumy and Kharkiv regions according to results of I level forest monitoring in 2001–2010. *Forestry and Forest Melioration*, 118: 49–57 (in Ukrainian).
- Gensiruk, S. A.* 2002. Forest of Ukraine. Lviv, Scientific society named after Shevchenko, Ukrainian state Forestry University, 496 p.
- Girs, O.A.* 2011. Maturity of forest stands and use of wood resources in forests of different functional purposes. Korsun-Shevchenkivskiy, Maydachenko I. S., 315 p. (in Ukrainian).
- Gladumets, I. V.* 2017. Forest fires on the territory of NNP “Svyati Hory” during 2014–2016 years. Proceedings of All-Ukrainian scientific and practical conference of students and young scientists “Novations. condition and development of forestry and landscape gardening management” (15–16 February 2017). Kharkiv, KNAU named after V.V. Dokuchaev, p. 10-11 (in Ukrainian).
- Hrom, M. M.* 2010. Forest mensuration. Lviv, RVV NLTU, 416 p. (in Ukrainian).
- IPCC AR5. 2022. Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Technical Summary, WG AR5, 36. [Electronic resource]. Data Distribution Centre. Available at: http://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html (accessed 30.08.2022).
- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 2016. [Electronic resource]. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.). Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany. Available at: <http://www.icp-forests.net/page/icp-forests-manual> (accessed 30.08.2022).
- Meshkova, V.* 2021. The Lessons of Scots pine forest decline in Ukraine. *Environ. Sci. Proc.*, 3 (1): 28. <https://doi.org/10.3390/IECF2020-07990>

Migration of climatic zones on the north. 2020. [Electronic resource]. Available at: <https://landlord.ua/wp-content/page/pid-udarom-stykhii-iak-mihruuiut-klimatychni-zony-v-ukraini/> (accessed 30.08.2022) (in Ukrainian).

Ostapenko, B. F. and Tkach, V. P. 2002. Forest typology. Part 2. Kharkiv, Kharkiv State Agrarian University named after V. V. Dokuchayev, 204 p.

Pasternak, V. P., Prihodko, O. B., Pyvovar, T. S., Yarotsky, V. Yu. 2020. Dynamics of pine stands condition in SE “Lymanske Forest Economy”. Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 21: 68–76. <https://doi.org/10.15421/412027>

Prihodko, O. B., Pasternak, V. P., Yarotsky, V. Yu. 2019. Condition, structure and productivity of pine forests of State Enterprise “Lymanske Forest Economy”. Forestry and Forest Melioration, 135: 24–29. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.24>

Selianinov, G. T. 1937. Methods of agriculture’s climate characteristic. World agroclimatic reference book. Leningrad, Moscow, p. 5–29 (in Russian).

Shvidenko, A. Z., Buksha I. F., Krakovska S. V. 2018. Vulnerability of Ukrainian forests to climate change: monograph. Kyiv, Nika-Tsentr, 184 p.

Sanitary Forests Regulations in Ukraine. 2016. [Electronic resource]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No 756 dated 26 October 2016. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п> (accessed 30.08.2022) (in Ukrainian).

The state of underground water of Ukraine. 2021. [Electronic resource]. Kyiv, Geoinform of Ukraine, 124 p. https://geoinf.kiev.ua/wp-content/uploads/2021/08/schorichnyk_py_2020.pdf (accessed 30.08.2022) (in Ukrainian).

Vacek, S., Vacek, Z., Bilek, L., Simon, J., Remeš, J., Hůnová, I., Král, J., Putalová, T., Mikeska, M. 2016. Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica*, 50(4): article id 1564. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1564>

Vorobyov, V. D. 1961. Forest typological classification of climates. Proceedings of Kharkiv Agrarian Institute, XXX (LXVII): 235–250 (in Russian).

Zepner, L., Karrasch, P., Wiemann, F., Bernard, L. 2020. ClimateCharts.net – an interactive climate analysis web platform. *International Journal of Digital Earth*, 14(3): 338–356. <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1829112>

Ziesche, T. M. 2017. Tree growth indicates resource quality for foliage-feeding insects: Pattern and structure of herbivore diversity in response to productivity. *Ecological indicators*, 83: 249–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.07.053>

Zibtsev, S. V., Savushik, M. P., Maurer, V. M. et al. 2022. Restoration of the Luhansk region's forests on burned area in climate change condition. Kyiv. (in Ukrainian).

Prihodko O. B.¹, Pasternak V. P.², Pyvovar T. S.², Yarotskyi V. Yu.³, Lialin O. I.²

FEATURES OF FOREST MENSURATION CHARACTERISTICS AND HEALTH CONDITION DYNAMICS IN PRYDONETSKY STEPPE OF UKRAINE: CLIMATE CHANGE CONTEXT

¹Lyman State Forest Enterprise

²Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest melioration named after G. M. Vysotsky

³Kreminski Lisy National Nature Park

The article describes peculiarities in the dynamics of the forest indicators for the 15-year period in the Northern Steppe of Ukraine with the Lyman State Forestry Enterprise, Donetsk region, as an example. The forest management inventory data and the Forest Fund database were used in the study. The dynamics of forest stand condition according to the forest monitoring data was traced. We analysed climatic indicators for the study region within the last 60 years. The forest stands of the enterprise are typical for the region: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) (57.4% of the area) and English oak (*Quercus robur* L.) (17.8%) prevail. Over the past 15 years, the area of pine stands has slightly decreased, mainly due to sanitation felling in weakened and declining stands, while the area of deciduous species, and in particular shrubs, has increased. The monitoring data indicate a long-term trend toward the deterioration of pine forests. Climatic data show a tendency towards warming and aridization of habitat conditions.

Key words: monitoring, forest area, species composition, defoliation.

E-mail: pasternak65@ukr.net

Одержано редколегією 25.09.2022