

ЕКОЛОГІЯ

УДК 581.9 (477.43/44)

doi: 10.25128/2078-2357.24.2.6

І. Д. ГРИГОРЧУК

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32300
e-mail: hryhorchuk@kpnu.edu.ua

БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА СТАНУ *PINUS SYLVESTRIS* L. НА ДЕЯКИХ ТЕРИТОРІЯХ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Проведено біоіндикаційну оцінку стану *Pinus sylvestris* L. на деяких територіях Кам'янець-Подільського району Хмельницької області. Показано, що на досліджуваних пробних площах стан *P. sylvestris* оцінено як ослаблені чи ті, що засихають. Найкращий стан рослин спостерігається в околицях сіл Великозалісся та Малозалісся, а найгірший – в околицях с. Суржинці, що, можливо, пов'язано із антропогенним впливом. У той же час можлива низка інших причин всихання *P. sylvestris* в умовах Національного природного парку «Подільські Товтри», що слід враховувати при виборі її в якості біоіндикатора на цій території.

Ключові слова: біоіндикація, *Pinus sylvestris* L., Кам'янець-Подільський район.

Рослини як продуценти екосистеми впродовж життєвого циклу знаходяться під впливом трьох середовищ: ґрунтового, водного та повітряного. Вони найбільш повно відображають увесь спектр впливів на систему «рослина – навколишнє середовище». За реакцією рослинних організмів у відповідь на вплив факторів середовища можна оцінювати його стан та прогнозувати зміни. У зв'язку із погіршенням стану довкілля, такі дослідження є актуальними, оскільки дозволяють вивчати та контролювати рівень його забруднення [1, 4]. Найбільш чутливими з вищих рослин до змін середовища, пов'язаних із впливом антропогенних факторів, зокрема, атмосфери, вважаються хвойні [4, 5]. Вони слугують індикаторами різних типів забруднюючих речовин і тому їх використовують в біоекологічних дослідженнях. Використання хвойних дає можливість проводити біоіндикацію на різних за площею територіях та отримувати інформацію про стан навколишнього середовища в екосистемах різного рангу та характеру. Найкращим та зручним біоіндикатором серед хвойних є сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), яка через свою чутливість до атмосферного забруднення прийнята як «еталон біодіагностики». Зручність вибору сосни для проведення досліджень пов'язана з тим, що це вічнозелена рослина, що істотно спрощує спостереження [2, 7, 8].

Кам'янець-Подільський район знаходиться у складі Національного природного парку «Подільські Товтри». На цій території здавна було багато соснових лісів, однак упродовж великого періоду часу відбувалася сукцесія, яка призвела до зміни природних лісових фітоценозів (мішаних та хвойних лісів) на дубові, дубово-грабові та букові ліси. У 1970 році було прийнято програму заліснення схилів річки Дністра та її приток завдяки створенню Новоушицької лісомеліоративної станції [11]. Для цього обрали 10 типів лісових культур, із яких *P. sylvestris* був домінуючим видом [11]. Тому *P. sylvestris* на цій території є неаборигенною породою, але інтродукованим, інвазійним видом, який був штучно висаджений

з метою зупинення ерозійних процесів та біорекультивації вапнякових відвалів, що виникли внаслідок промислової діяльності [11].

Метою дослідження є біоіндикаційна оцінка стану *Pinus sylvestris* L. на деяких територіях Кам'янець-Подільського району Хмельницької області.

Матеріали та методи досліджень

Для біоіндикаційної оцінки стану *P. sylvestris* обрали три пробні площі (ПП) у межах Кам'янець-Подільського району: ПП 1, що знаходиться в околицях сіл Великозалісся та Малозалісся; ПП 2 – на території санаторію «Україна», що в межах с. Маків; ПП 3 – в околицях с. Суржинці, уздовж автомобільної дороги загального користування територіального значення Т-23-17 Кам'янець-Подільський – Стара Ушиця. Вивчали хлорози, некрози хвої, їх клас ушкоджень та клас засихання, довжину, ширину та кількість на 10 см пагона [3, 4, 6]. Для цього з кожної пробної площі з 3–4 дерев *P. sylvestris* на висоті 2 м з пагонів 2-го року життя відбирали 150–200 штук хвої. Для оцінки її ушкоджень користувалися таблицею 1 та рисунком 1.

Таблиця 1

Шкала оцінки ушкоджень хвої *Pinus sylvestris* L.

| Некрози (клас ушкоджень – КУ) | | Хлорози (клас засихання – КЗ) | |
|-------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 клас (КУ-1) | хвоя без плям | 1 клас (КЗ-1) | відсутні сухі ділянки |
| 2 клас (КУ-2) | хвоя з незначною кількістю дрібних плям | 2 клас (КЗ-2) | кінчик хвої засох на 2–5 мм |
| 3 клас (КУ-3) | хвоя зі значною кількістю чорних і жовтих плям | 3 клас (КЗ-3) | засохла третя частина довжини хвої |
| | | 4 клас (КЗ-4) | уся хвоя жовта або половина її суха |

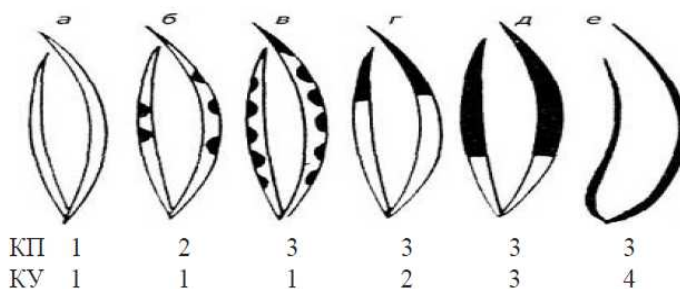


Рис. 1. Види пошкодження та засихання хвої [15].

Оцінку життєвого стану *P. sylvestris* проводили згідно шкал (табл. 2, 3).

Таблиця 2

Шкала стану *P. sylvestris* [10]

| Категорія стану дерева | Біоморфологічні ознаки | Стан крони |
|--------------------------|--|--|
| 1. Без ознак пошкодження | Дерева без зовнішніх ознак ослаблення, крона гостроконічна, у верхній половині відмерлих гілок немає, хвоя темно-зелена, одиничні хлорози і некрози хвої, техногенний наліт на кроні, стовбурі | Нормально розвинута |
| 2. Ослаблені | Дерева зі слабо ажурною кроною, наявністю мертвих чи засихаючих гілок верхньої частини крони, з вкороченим приростом, з хлорозами до 1/3 частини, строк життя хвої до 1 року менше характерного для регіону | Крона тупоконічна, з початковими ознаками деформації |
| 3. Сильно-ослаблені | Дерева з ажурною кроною, світло-зеленою і матовою хвою, з сильновкороченим приростом, з пошкодженням до 2/3 хвої, з засиханням до 2/3 гілок верхньої частини крони, з суховершинністю, строк життя хвої на 2–3 роки менше характерного регіону 1–2 роки менше характерного для регіону | Ажурна крона, що руйнується |

Продовження таблиці 2

| | | |
|--------------|---|--|
| 4. Засихаючі | Дерева з сильно-ажурною деформованою кроною, хлоротично вкороченою хвоєю з ураженням її до 2/3 хлорозом і некрозами, більше 2/3 гілок верхньої частини крони сухі чи засихають, густина крони 15–20 % у порівнянні зі здоровими деревами; суховершинність, ознаки поселення стовбурових шкідників | Сильно-деформована, зруйнована крона з небагатьма живими гілками |
| 5. Сухостій | У перший рік після загибелі на дереві можуть бути залишки сухої хвої, гілки 4–5 порядку; заселення стовбура ксилофагами; у подальшому відбувається поступова втрата кори і гілок | Зруйнована крона без живих гілок |

Таблиця 3

Таблиця визначення категорії дерев [14]

| Категорія дерева | Діагностичні ознаки | | |
|------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | Густина крони, % | Ступінь пошкодження хвої, % | Наявність сухих гілок, % |
| Здорове | 85–100 | 0–10 | 0–10 |
| Ослаблене | 55–85 | 10–45 | 10–45 |
| Сильно ослаблене | 20–55 | 45–65 | 45–65 |
| Відмираюче | 0–20 | 70–100 | 70–100 |
| Сухе | 0 | Немає хвої | 100 |

Результати дослідження обробляли статистично за допомогою програми Excel.

Результати досліджень та їх обговорення

Вплив антропогенних факторів будь-якої інтенсивності проявляється у вигляді вираженого морфологічного впливу на рослини [6]. На основі проведених досліджень виявлено, що морфометричні характеристики *P. sylvestris* варіюють в широкому діапазоні числових значень (табл. 4). З'ясовано, що найбільшими показниками довжини і ширини хвої характеризувалася пробна площа 1, яка знаходиться в околицях сіл Великозалісся та Малозалісся. Інші території дослідження характеризувалися меншими морфометричними показниками хвої, при цьому найменші були на ПП 3, що в околиці с. Суржинці. Як зазначали вище, ПП 3 знаходиться вздовж автомобільної дороги загального користування територіального значення Т-23-17 Кам'янець-Подільський – Стара Ушиця, що, ймовірно, є тим антропогенним чинником, що викликає зменшення морфометричних параметрів хвої сосни звичайної.

У різних умовах зростання *P. sylvestris* також спостерігається різна кількість хвої на 10 см пагонів (табл. 4). При цьому, як і у випадку морфометричних параметрів, найменша кількість хвоїнок була у сосни на ПП 1, а найбільша – на ПП 3. Більшу кількість хвої на пагоні пов'язують із його вкороченням під дією несприятливих чинників середовища [6].

Таблиця 4

Морфометричні показники *Pinus sylvestris* L. на досліджуваних пробних площах

| Пробні площі | Довжина хвої, мм | Ширина хвої, мм | Кількість хвоїнок на 10 см, шт. |
|--------------|------------------|-----------------|---------------------------------|
| ПП 1 | 98,5±3,2 | 2±0,01 | 112±4,6 |
| ПП 2 | 78,6±2,4 | 1,4±0,03 | 145±5,1 |
| ПП 3 | 56,7±2,6 | 1±0,01 | 250±9,4 |

Примітка: ПП 1 – околиці сіл Великозалісся та Малозалісся; ПП 2 – територія санаторію «Україна», що в межах с. Маків; ПП 3 – околиці с. Суржинці.

Відомо, що основними визначальними проявами впливу негативних факторів навколишнього середовища на хвойні рослини є виникнення різноманітних некрозів і хлорозів [4, 6]. У результаті досліджень було з'ясовано, що для хвої з усіх пробних площ переважав третій клас ушкоджень (КУ-3) (табл. 5). При цьому найбільше хвої з третім класом ушкоджень характерно для ПП 3. Щодо класу засихання, тобто хлорозів, було виявлено, що на ПП 1 у хвої

P. sylvestris другий клас (КЗ-2), на ПП 2 – третій клас (КЗ-3), а на ПП 3 – четвертий клас засихання (КЗ-4) (табл. 5).

Таблиця 5

Ступінь пошкодження (некрози) та усихання (хлорози) хвої *Pinus sylvestris* L. у різних умовах зростання Кам'янець-Подільського району

| Некрози хвої (КУ) | ПП 1 | | ПП 2 | | ПП 3 | |
|-------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| | Кількість хвої, шт. | Пошкодження, % | Кількість хвої, шт. | Пошкодження, % | Кількість хвої, шт. | Пошкодження, % |
| 1 клас | 8 | 4 | 17 | 8,5 | 2 | 1 |
| 2 клас | 72 | 36 | 38 | 19 | - | - |
| 3 клас | 120 | 60 | 145 | 72,5 | 198 | 99 |
| Хлорози хвої (КЗ) | Кількість хвої, шт. | Усихання, % | Кількість хвої, шт. | Усихання, % | Кількість хвої, шт. | Усихання, % |
| 1 клас | 73 | 36,5 | 34 | 17 | 2 | 1 |
| 2 клас | 93 | 46,5 | 25 | 12,5 | 38 | 19 |
| 3 клас | 23 | 11,5 | 94 | 47 | 65 | 32,5 |
| 4 клас | 11 | 5,5 | 47 | 23,5 | 95 | 47,5 |

Примітка: ПП 1 – околиці сіл Великозалісся та Малозалісся; ПП 2 – територія санаторію «Україна», що в межах с. Маків; ПП 3 – околиці с. Сурженці.

У своїх дослідженнях Н. С. Лук'яненко [8] провів оцінку забруднення атмосферного повітря лісового біогеоценозу за станом хвої *P. sylvestris*. Ним було встановлено залежність між класами ушкодження та засихання хвої і класами забруднення повітря. Відповідно до цих досліджень, нами було встановлено стан повітря на досліджуваних пробних площах (табл. 6). Показано, що відносно чисте повітря характерне для ПП 1, помірно забруднене – для ПП 2, і брудне та дуже брудне – для ПП 3.

Таблиця 6

Характеристика якості повітря за станом хвої *Pinus sylvestris* L.

| Пробна площа | Коефіцієнт ушкодження (КУ) | Коефіцієнт засихання (КЗ) | Оцінка якості повітря |
|--------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| ПП 1 | КУ-3 | КЗ-2 | III – відносно чисте |
| ПП 2 | КУ-3 | КЗ-3 | IV – помірно забруднене |
| ПП 3 | КУ-3 | КЗ-4 | V-VI – брудне та дуже брудне повітря |

Примітка: ПП 1 – околиці сіл Великозалісся та Малозалісся; ПП 2 – територія санаторію «Україна», що в межах с. Маків; ПП 3 – околиці с. Суржинці.

За результатами оцінки життєвого стану *P. sylvestris* на досліджуваних пробних площах виявлено, що на ПП 1 дерева характеризувалися, як ослаблені, на ПП 2 та ПП 3 – як ті, що засихають (табл. 7). Такі результати вказують, що присутній вплив несприятливих чинників навколишнього середовища, ймовірно забруднення атмосфери автомобільним транспортом, що викликає всихання сосни звичайної. І. О. Одукалець у своїх дослідженнях життєвого стану лісових культур *P. sylvestris* в Національному природному парку «Подільські Товтри» наводить низку ймовірних причин її всихання [9, 10–14]. Згідно з науковими розвідками [10–14], стан сосни може залежати від хімічного складу ґрунту, його щільності та вологості, від експозиції схилу, на якому вона росте, віку рослин, а також впливу біотичних факторів, зокрема можливої конкуренції з широколистяними породами тощо. Так, на досліджуваних нами територіях вік *P. sylvestris* відрізняється: на ПП 1 складає 28 років, на ПП 2 і ПП 3 – 35 і 45 років відповідно, що може бути однією з причин всихання.

Оцінка життєвого стану *Pinus sylvestris* L. на пробних площах Кам'янець-Подільського району

| Категорія дерев | ПП 1 | ПП 2 | ПП 3 |
|---------------------------|------------|------------|--------------|
| 1 – без ознак пошкодження | 7% | 3% | - |
| 2 – ослаблені | 37% | 12% | 19,5% |
| 3 – сильно ослаблені | 24% | 32% | 24% |
| 4 – засихають | 26% | 37% | 47,5% |
| 5 – сухостій | 6% | 16% | 18% |

Висновки

Показано, що на досліджуваних пробних площах Кам'янець-Подільського району стан сосни звичайної оцінюється як ослаблені чи ті, що засихають. При цьому найкращий стан спостерігається в околицях сіл Великозалісся та Малозалісся, а найгірший – в околицях с. Суржинці, що, можливо, пов'язано із антропогенним впливом, зокрема автомобільним транспортом. У той же час можлива низка інших причин всихання *P. sylvestris* в умовах Національного природного парку «Подільські Товтри», що слід враховувати при виборі її в якості біоіндикатора на цій території.

1. Алексеева Т. М. Біоіндикація як метод екологічної оцінки стану природного навколишнього середовища. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2014. Вип. 2 (85). С. 166–171.
2. Ащеулова І. П. Біоекологічні особливості сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах міської екосистеми (на прикладі м. Глухова). *Біологічні, медичні та науково-педагогічні аспекти здоров'я людини: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Полтава : Астроя, 2018. С. 188–190.
3. Ащеулова І. П. Біоекологічні особливості сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах міської екосистеми (на прикладі міста Глухова). *Молодь. Наука. Природа* : матеріали II Всеукраїнської наукової конференції-конкурсу (м. Суми, 22 квітня 2021 р.). Суми : ФОП Цьома С. П., 2021. С. 42.
4. Барабаш О. В. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря методом дендроіндикації. *Екологічні науки*. 2019. № 4 (27). С. 102–108.
5. Драган Н. В. Порушення морфогенезу і типової організації вегетативних пагонів сосни в техногенно змінених екотопах. *Питання біоіндикації та екології*. 2002. С. 116–128.
6. Кейван М., Тертична О., Кейван О., Масберг І. Стан хвойних рослин (на прикладі сосни звичайної *Pinus sylvestris* L.) у зоні розташування птахофабрики. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2013. Вип. 61. С. 104–109.
7. Коваленко А. Оцінка морфологічних ознак вегетативних та репродуктивних органів сосни звичайної в районах з різним ступенем антропогенного навантаження промислового міста. *Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука – 2017»*. 2017. Т. 4. С. 63–64.
8. Лук'яненко Н. С. Експрес-оцінка забруднення атмосферного повітря лісового біогеоценозу за станом хвої *Pinus sylvestris* L. *Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи: матеріали IV Всеукраїнської науково-методичної конференції* (м. Шостка, 18 квітня 2019 р.). Суми : Сумський державний університет, 2019. С. 110–113.
9. Любінська Л. Г., Одукалець І. О., Мусієнко М. М. Особливості насаджень *Pinus sylvestris* L. в НПП «Подільські Товтри». *Біологічні системи*. 2010. Т. 2. Вип. 4. С. 63–66.
10. Одукалець І. О., Мусієнко М. М. Стан видів роду *Pinus* L. в залежності від вмісту елементів мінерального живлення в Національному природному парку «Подільські Товтри». *Біологічний вісник МДПУ*. 2012. № 2. С. 108–115.
11. Одукалець І. О., Мусієнко М. М., Ольхович О. П. Дослідження причин всихання *Pinus sylvestris* L. в штучних соснових насадженнях НПП «Подільські Товтри». *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2015. 1 (69). С. 38–43.
12. Одукалець І. О. Оцінка життєвого стану лісових культур *Pinus sylvestris* L. в Національному природному парку «Подільські Товтри». *Вісник КПНУ імені Івана Огієнка. Серія екологія*. 2016. Вип. 1. С. 184–192.
13. Одукалець І. О., Мусієнко М. М., Кучинська О. П. Лісотаксаційна оцінка *Pinus sylvestris* L. в штучних фітоценозах Національного природного парку «Подільські Товтри». *Агроекологічний журнал*. 2016. № 4. С. 25–30.

14. Одукалець І. О., Коротка І. В., Пашкевич Н. А., Любінська Л. Г., Горбняк Л. Т. Трансформація ксерофітних трав'яних фітоценозів Національного природного парку «Подільські Товтри» під впливом природного поновлення *Pinus sylvestris* L. *Укр. бот. журн.* 2018. 75 (1). С. 59–69.
15. Федорова Г. В., Гортен А. Г. Визначення стану повітря українських міст за пошкодженнями та усиханням голок сосни звичайної як радіо- та газочутливого біоіндикатора атмосфери. *Матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство»*. Київ, 2016. С. 58–60.

References

1. Aliksieieva T. M. Bioindykatsiia yak metod ekolohichnoi otsinky stanu pryrodnoho navkolyshnoho seredovyshcha. *Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. 2014. Vyp. 2 (85). S. 166–171. [in Ukrainian]
2. Ashcheulova I. P. Bioekolohichni osoblyvosti sosny zvychnoi (*Pinus sylvestris* L.) v umovakh miskoi ekosystemy (na prykladi m. Hlukhova). *Biolohichni, medychni ta naukovo-pedahohichni aspekty zdorovia liudyny: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii/ Poltava : Astraia, 2018. S. 188–190. [in Ukrainian]*
3. Ashcheulova I. P. Bioekolohichni osoblyvosti sosny zvychnoi (*Rinus silvestris* L.) v umovakh miskoi ekosystemy (na prykladi mista Hlukhova). *Molod. Nauka. Pryroda : materialy II Vseukrainskoi naukovo konferentsii-konkursu (m. Sumy, 22 kvitnia 2021 r.)* Sumy : FOP Tsoma S. P., 2021. S. 42. [in Ukrainian]
4. Barabash O. V. Otsinka rivnia zabrudnennia atmosferного povitria metodom dendroindykatsii. *Ekolohichni nauky*. 2019. No 4 (27). S. 102–108. [in Ukrainian]
5. Drahan N. V. Porushennia morfohenezu i typovoi orhanizatsii vehetatyvnykh pahoniv sosny v tekhnohenno zminenykh ekotopakh. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii*. 2002. S. 116–128. [in Ukrainian]
6. Keivan M., Tertychna O., Keivan O., Masberh I. Stan khvoinykh roslyn (na prykladi sosny zvychnoi *Pinus sylvestris* L.) u zoni roztashuvannia ptakhofabryky. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Serii biologichna*. 2013. Vyp. 61. S. 104–109. [in Ukrainian]
7. Kovalenko Alona. Otsinka morfolohichnykh oznak vehetatyvnykh ta reproduktyvnykh orhaniv sosny zvychnoi v rayonakh z riznym stupenem antropohennoho navantazhennia promysloвого mista. *Zbirnyk naukovykh prats studentiv, aspirantiv i molodykh vchenykh «Moloda nauka – 2017*. 2017. T. 4. S. 63–64. [in Ukrainian]
8. Lukianenko N. S. Ekspres-otsinka zabrudnennia atmosferного povitria lisovoho bioheotsenozu za stanom khvoi *Pinus sylvestris* L. *Osvita, nauka ta vyrobnytstvo: rozvytok ta perspektyvy: materialy IV Vseukrainskoi naukovo-metodychnoi konferentsii (m. Shostka, 18 kvitnia 2019 r.)*. Sumy : Sumskyi derzhavnyi universytet, 2019. S. 110–113. [in Ukrainian]
9. Liubinska L. H., Odukalets I. O., Musiienko M. M. Osoblyvosti nasadzen *Pinus sylvestris* L. v NPP «Podilski Tovtry». *Biolohichni systemy*. 2010. T. 2. Vyp. 4. S. 63–66. [in Ukrainian]
10. Odukalets I. O., Musiienko M. M. Stan vydiv rodu *Pinus* L. v zalezhnosti vid vmistu elementiv mineralnogo zhyvlennia v Natsionalnomu pryrodnomu parku «Podilski Tovtry». *Biolohichni visnyk MDPU*. 2012. No 2. S. 108–115. [in Ukrainian]
11. Odukalets I. O., Musiienko M. M., Olkhovych O. P. Doslidzhennia prychn vsykhannia *Pinus sylvestris* L. v shtuchnykh sosnovykh nasadzhenniakh NPP «Podilski Tovtry». *Visnyk Kyivskoho natsionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka*. 2015. 1 (69). S. 38–43. [in Ukrainian]
12. Odukalets I. O. Otsinka zhyttievoho stanu lisovykh kultur *Pinus sylvestris* L. v Natsionalnomu pryrodnomu parku «Podilski Tovtry». *Visnyk KPNU imeni Ivana Ohiiienka. Serii ekolohiia*. 2016. Vyp. 1. S. 184–192. [in Ukrainian]
13. Odukalets I. O., Musiienko M. M., Kuchynska O. P. Lisotaksatsiyna otsinka *Pinus sylvestris* L. v shtuchnykh fitotsenozakh Natsionalnogo pryrodnoho parku «Podilski Tovtry». *Ahroekolohichni zhurnal*. 2016. No 4. S. 25–30. [in Ukrainian]
14. Odukalets I. O., Kоротка І. В., Пашкевич Н. А., Любінська Л. Г., Горбняк Л. Т. Трансформація ксерофітних трав'яних фітоценозів Національного природного парку «Подільські Товтри» під впливом природного поновлення *Pinus sylvestris* L. *Укр. бот. журн.* 2018. 75 (1). С. 59–69. [in Ukrainian]
15. Fedorova H. V., Horten A. H. Vyznachennia stanu povitria ukrainskykh mist za poshodzhenniamy ta usykhanniam holok sosny zvychnoi iak radio- та hazochutlyvoho bioindykatora atmosfery. *Materialy ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство»*. Kyiv, 2016. S. 58–60. [in Ukrainian]

I. D. Hryhorchuk

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University, Ukraine

BIOINDICATIVE ASSESSMENT OF THE STATE OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN SOME TERRITORIES OF THE KAMIANETS-PODILSKYI DISTRICT OF THE KHMELNYTSKYI REGION

Based on the reaction of plant organisms in response to the influence of environmental factors, its condition can be assessed and changes can be predicted. In connection with the deterioration of the environment, such studies are relevant, as they allow studying and controlling the level of its pollution. Conifers, in particular *Pinus sylvestris* L., are considered the most sensitive of higher plants to environmental changes associated with the influence of anthropogenic factors. On the territory of the Kamianets-Podilskyi district, which is part of the national nature park "Podilskyi Tovtry", *P. sylvestris* is a non-native, but introduced invasive species, which was artificially planted in order to stop erosion processes and bioremediation of limestone species waves that arose as a result industrial activity. The purpose of the study is to conduct a bioindicative assessment of the state of *Pinus sylvestris* L. in some territories of the Kamianets-Podilskyi district of the Khmelnytskyi region. For this, three trial plots (TP) were selected within the territory: TP 1, which is located in the vicinity of the villages of Velikozalissya and Malozalissya; TP 2 – on the territory of the "Ukraine" sanatorium, which is within the village of Makiv. TP 3 – in the Surzhyntsi village area, along the public road of territorial significance T-23-17 Kamianets-Podilskyi – Stara Ushytsia. They studied chlorosis, necrosis of needles, class of its damage and class of drying, length, width and number per 10 cm of a shoot, life status of trees. For this purpose, 150-200 needles were selected from shoots of the 2nd year of life at a height of 2 m from 3-4 *P. sylvestris* trees in each PP. It is shown that the state of *P. sylvestris* is assessed as weakened or drying up in the studied trial areas. At the same time, the best condition is observed in the vicinity of the villages of Velikozalissya and Malozalissya, and the worst – in the vicinity of the village of Surzhyntsi, likely due to anthropogenic influence. Based on the correlation between needle damage and drying classes with air pollution classes, it was determined that TP 1 has relatively clean air, TP 2 has moderately polluted air, and TP 3 has highly polluted and very dirty air. However, other factors may also contribute to the drying of *P. sylvestris* in the "Podilskyi Tovtry" National Nature Park. These include soil chemical composition, density, moisture levels, slope exposure, plant age, and competition with broad-leaved species. These factors should be considered when using *P. sylvestris* as a bioindicator in this region.

Key words: bioindication, *Pinus sylvestris* L., Kamianets-Podilskyi district.

Надійшла 30.05.2024.