

ЕКОЛОГІЯ І МОНІТОРИНГ

УДК 630.182.59

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.139.2021.61>



М. А. БОНДАРУК, О. Г. ЦЕЛИЩЕВ

СИНФІТОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЕДАФОТОПІВ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА ДАНИМИ МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ ЛІСОСТЕПОВОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНИ

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

Проведено синфітоіндикаційне оцінювання едафотопів лісових екосистем Лісостепової лісогосподарської області України. Визначено тенденції динаміки середніх значень показників едафічних режимів лісових екосистем згідно зі змінами лісорослинних умов. Система моніторингових досліджень лісів має охоплювати моніторинг едафічних режимів екотопів лісових екосистем поряд із кліматичними (методами прямих вимірювань та методами синфітоіндикації). Порівняння отриманої бальної оцінки в різні часові періоди (наприклад, раз на 5 років) в кожному регіоні України дасть змогу оцінювати інтенсивність, глибину, спрямованість (тренд), просторовий розподіл та особливості зміни едафічних режимів на регіональному та національному рівнях унаслідок дії глобальних кліматичних впливів на лісові екосистеми України, що є важливою складовою моніторингу лісових екосистем в умовах зміни клімату. Об'єкти досліджень – 642 ділянки моніторингу лісів І рівня (представлено 49 типів лісу в 15 типах лісорослинних умов: А₁–А₃, В₁–В₃, С₁–С₄, D₁–D₅) у межах Лісостепової лісогосподарської області України.

К л ю ч о в і с л о в а: синфітоіндикація, лісовий моніторинг, лісорослинні умови, едафічні режими.

Вступ. Всебічне вивчення та систематизація даних щодо прояву зміни клімату в різних природних регіонах України, оцінювання уразливості екосистем лісів до очікуваної (прогнозованої) зміни клімату є важливими умовами для розроблення оптимальної стратегії мінімізації наслідків такого впливу, сталого управління лісами та невиснажливого лісокористування (Stoyko 2009, Buksha 2010, Bondaruk et al. 2020). Кліматичні зміни слід розглядати як тригерний механізм, що викликає ланцюгову реакцію, результати якої зумовлені кумулятивною дією різних факторів (Didukh 2016). Вплив зміни клімату на ліси України суттєво різниться залежно від геоморфології та рельєфу, фізичних, хімічних і гідрологічних характеристик ґрунту, типів лісів і відмінностей їхньої рослинності (Didukh & Plyuta 1994, Bondaruk et al. 2020). Тому система моніторингових досліджень лісів має також охоплювати поряд із кліматичними моніторинг едафічних режимів екотопів лісових екосистем (методами прямих вимірювань і методами синфітоіндикації). Фітоіндикація (від грецьк. *phiton* – рослина) – оцінювання екологічних режимів на основі певних ознак видів рослин (аутофітоіндикація) чи їхніх угруповань (синфітоіндикація) (Didukh & Plyuta 1994). Основою фітоіндикаційного оцінювання є, з одного боку, екологічна специфіка видів, які ростуть лише в певних межах значень будь-якого екологічного чинника, а з другого – тісний взаємозв'язок між біотичними й абіотичними складовими, що визначає характер функціонування систем. Фітомоніторинг (використання рослин як моніторів) є одним із видів контролю як екологічного стану лісових екосистем, так і стану довкілля (екологічного моніторингу), зокрема кліматичних змін (Olkhovych & Musiyenko 2005). В основу методики синфітоіндикації покладено використання екологічних шкал, точніше, даних амплітуд видів щодо зміни різних екологічних факторів (Didukh 2011). Амплітуда толерантності виду – це відрізок, який посідає кожен вид стосовно градієнта того чи іншого екологічного фактора, із максимальним, мінімальним і оптимальним значеннями фактора для розвитку популяції виду. Методика синфітоіндикації отримала широке застосування і в Західній Європі. Одні з найпопулярніших геоботанічних програм TURBOVEG і JUSCE (Tichy 2002) містять обробку геоботанічних описів і розрахунок екологічних показників на основі шкал Г. Елленберга, а з 2012 р. до цих програм внесено шкали Я. П. Дідуха (Didukh 2011) з інформацією про 3 300 видів флори України за 12 факторами (Turboveg 2.157, 2021). За основу побудови едафічних шкал узято сім складових режиму ґрунтів: гідрологічний (Hd), мінливості зволоження (fH), кислотний (Rc), мінералізованості (Sl), вмісту карбонатів (Ca), розчинних форм азоту, або нітратний (Nt) та аерації (Ae).

Метою досліджень було проведення синфітоіндикаційного оцінювання едафотопів лісових екосистем Лісостепової лісогосподарської області України для реалізації регіонального (зонального) моніторингу едафічних режимів екотопів лісових екосистем.

Матеріали й методи. Об'єкти досліджень – лісова рослинність на 642 ділянках моніторингу лісів I рівня в межах Лісостепової лісогосподарської області України (презентовано 49 типів лісу в 15 типах лісорослинних умов: А₁–А₃, В₁–В₃, С₁–С₄, D₁–D₅). Основні типи лісу – свіжа грабова діброва (33,9 % від загальної кількості досліджених лісових ділянок) і свіжа кленово-липова діброва (13,8 %). Серед грудових типів доволі розповсюдженими є також волога грабова діброва і свіжий грабово-дубово-сосновий груд (3,9 і 2,0 % відповідно). Серед сугрудових типів найпоширенішими є свіжий і вологий грабово-дубово-сосновий сугруд (5,0 і 3,1 % відповідно) і свіжа грабова судіброва (2,8 %). Серед суборових і борових типів найбільш поширеними є свіжий дубово-сосновий субір і свіжий сосновий бір (12,6 і 2,3 % відповідно). Інші типи лісу становлять менше 2,0 % від кількості ділянок моніторингу.

Підбір та закладання дослідних ділянок (кругових перелікових площадок) здійснювали з використанням методичних рекомендацій з моніторингу лісів (Methodical recommendations 2008). Загальна характеристика лісових масивів охоплює визначення місцезнаходження за лісогосподарським районуванням (Ненсугук et al. 1981), типу лісорослинних умов (ТЛУ) та типу лісу (Ostapenko 1997). Загальний геоботанічний опис містив повний перелік видів (Guide to higher plants 1987, Mosyakin & Fedoronchuk 1999), які входять до складу деревостану, підросту, підліску, живого надґрунтового покриву, та оцінку їхньої рясності-покриття за комбінованою шкалою Г. М. Висоцького та Д. В. Воробйова (у балах і відсотках) (Vysotskiy 1962, Vorobyov 1969).

Для синфітоіндикації едафічних режимів лісових екосистем, визначення для конкретних місцезростань (ділянок моніторингу) екологічних параметрів, особливостей їхньої зміни за типами лісорослинних умов використано метод фітоіндикації провідних факторів за уніфікованими шкалами екологічних амплітуд видів флори України (Didukh 2011). Кількісні індекси для фітоценозу розраховували в балах на основі середньої градації індексів рясності-покриття всіх інформативних видів за формулою (1):

$$\gamma = \frac{k_1x_1+k_2x_2+\dots+k_nx_n}{k_1+k_2+\dots+k_n} \quad (1)$$

де x_1, \dots, x_n – середні значення амплітуд толерантності видів відповідно до шкали;

k_1, \dots, k_n – коефіцієнти рясності (в балах за шкалою Г. М. Висоцького та Д. В. Воробйова) або покриття (%), які дорівнюють: 1 – для < 1 % (р, n, un); 2 – 1...5 % (1 бал); 3 – 6...25 % (2а, 2б балів); 4 – 26...50 % (3 бали); 5 – для > 51 % (4, 5 балів);

n – кількість інформативних видів у дослідженні.

Переведення бальної оцінки в абсолютні розмірності здійснювали за відповідними шкалами (Didukh 2011). Для характеристики екологічних умов лісових екосистем району досліджень, аналізу закономірностей зміни певних едафічних чинників та їхньої диференціації на лісотипологічному рівні організації розраховано мінімальні (x_{\min}), середні (\bar{x}) та максимальні (x_{\max}) значення едафічних режимів за типами лісорослинних умов, за угрупованнями лісів (хвойні, мішані, листяні) та загалом по лісогосподарській області. У лісорослинних умовах А₃, В₁ та D₅, представлених 1–2 ділянками моніторингу, значення показників едафічних режимів умовно вважали середніми.

Результати та обговорення. Показники динаміки едафічних чинників в екотопах лісових екосистем Лісостепової лісогосподарської області представлено в таблиці 1.

Режим вологості ґрунту (Hd) лісових екотопів варіює від проміжного між субмезофітним і мезофітним (9,75 бала) сухуватих лісолучних екотопів (верхів'я балок і підвищені ділянки надзаплавних терас) із помірним промочуванням кореневмісного шару

опадами і талими водами ($W_{np} = 90-100$ мм) до наближеного до гігрофітного (15,30 бала) сирих лісолучних екотопів (виразні западини, блюдця, улоговини тимчасових водотоків, низькі береги водойм тощо) з практично сталим капілярним зволоженням кореневмісного шару ґрунту ($W_{np} = 185-235$ мм). Найменшими середніми значеннями показників H_d вирізняються ґрунти в екотопах сухих борів та суборів (10,25 і 10,77 бала), найбільшими – в екотопах сирих сугрудів і грудів (13,74 і 13,58 бала) та мокрих грудів (15,30 бала).

Таблиця 1

Синфітоіндикаційна оцінка едафічних режимів екотопів лісових екосистем за типами лісорослинних умов у межах Лісостепової лісогосподарської області

ТЛУ	Значення екологічного фактора					
	X_{min}	X_{max}	\bar{X}	X_{min}	X_{max}	\bar{X}
	Вологість ґрунту (H_d)			Перемінність зволоження ґрунту (fH)		
A ₁	9,75	10,95	10,25	5,65	7,19	6,40
A ₂	10,28	12,00	11,24	5,31	7,18	6,44
A ₃	–	–	12,50	–	–	4,48
B ₁	–	–	10,77	–	–	6,40
B ₂	10,37	12,33	11,50	4,42	7,00	5,99
B ₃	11,95	12,79	12,39	4,50	5,38	4,85
C ₁	10,74	11,85	11,35	4,98	6,60	5,74
C ₂	11,15	12,59	11,90	4,56	6,70	5,56
C ₃	11,61	13,40	12,17	4,25	6,10	5,27
C ₄	13,17	14,41	13,74	4,50	5,70	5,08
D ₁	10,32	12,00	11,37	4,58	6,67	5,85
D ₂	11,00	12,70	11,99	4,45	6,67	5,33
D ₃	11,75	12,85	12,15	4,26	6,13	5,26
D ₄	13,15	14,02	13,58	4,86	6,17	5,52
D ₅	–	–	15,30	–	–	5,46
Листяні ліси	10,32	15,30	12,00	4,50	6,70	5,39
Хвойні ліси	9,75	12,79	11,58	4,42	7,19	5,84
Мішані ліси	11,36	13,17	12,03	4,25	6,48	5,34
Загалом	9,75	15,30	11,92	4,25	7,19	5,48
	Кислотність ґрунту (R_c)			Загальний сольовий режим ґрунту (SI)		
A ₁	6,50	6,78	6,62	4,25	6,22	5,35
A ₂	6,07	7,22	6,63	4,67	6,83	5,83
A ₃	–	–	5,60	–	–	5,13
B ₁	–	–	7,50	–	–	6,17
B ₂	4,76	7,77	6,89	4,65	7,62	6,22
B ₃	5,10	6,28	5,80	5,10	5,79	5,49
C ₁	6,70	8,10	7,60	6,38	7,23	6,75
C ₂	6,03	9,84	7,35	5,31	7,50	6,28
C ₃	5,74	8,05	6,98	5,04	6,90	6,02
C ₄	6,69	7,67	7,16	5,61	7,33	6,63
D ₁	7,50	8,67	8,09	6,39	8,09	6,96
D ₂	6,50	8,77	7,79	5,90	7,74	6,56
D ₃	6,91	8,24	7,69	5,81	6,95	6,45
D ₄	7,36	7,65	7,51	6,83	6,83	6,83
D ₅	–	–	7,89	–	–	7,37
Листяні ліси	6,59	8,77	7,78	5,50	8,09	6,57
Хвойні ліси	4,76	7,88	6,86	4,25	7,74	6,11
Мішані ліси	5,74	9,84	6,95	4,69	6,65	5,98
Загалом	4,76	9,84	7,51	4,25	8,09	6,42

ТЛЮ	Значення екологічного фактора					
	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}
	Вміст карбонатів у ґрунті (Ca)			Вміст азоту у ґрунті (Nt)		
A ₁	4,70	6,19	5,46	3,56	4,10	3,85
A ₂	5,32	6,53	6,00	3,75	5,69	4,31
A ₃	–	–	5,12	–	–	4,46
B ₁	–	–	6,53	–	–	4,13
B ₂	4,53	7,29	6,25	4,02	7,41	5,09
B ₃	4,85	5,88	5,28	3,95	4,95	4,55
C ₁	6,62	7,48	7,04	4,48	6,83	6,16
C ₂	5,39	7,44	6,44	4,27	8,00	5,97
C ₃	4,65	7,21	6,06	4,62	7,40	5,63
C ₄	4,93	5,55	5,33	5,41	6,33	5,93
D ₁	6,46	8,21	7,39	5,50	7,38	6,42
D ₂	5,80	8,04	6,82	5,42	8,17	6,64
D ₃	5,93	8,00	6,62	5,98	7,59	6,64
D ₄	5,59	6,04	5,82	6,36	6,48	6,42
D ₅	–	–	5,54	–	–	6,72
Листяні ліси	4,93	8,21	6,79	5,05	8,17	6,60
Хвойні ліси	4,53	7,97	6,16	3,56	6,75	5,10
Мішані ліси	4,65	6,94	6,14	4,02	6,88	5,55
Загалом	4,53	8,21	6,60	3,56	8,17	6,19
	Аерація ґрунту (Ae)					
A ₁	5,23	5,50	5,41			
A ₂	5,54	6,31	5,77			
A ₃	–	–	7,65			
B ₁	–	–	5,83			
B ₂	5,46	7,38	6,12			
B ₃	6,25	7,23	6,74			
C ₁	5,56	7,00	6,41			
C ₂	5,90	7,87	6,72			
C ₃	6,02	8,21	6,85			
C ₄	7,59	8,76	8,02			
D ₁	5,94	6,94	6,52			
D ₂	6,27	7,78	7,01			
D ₃	6,50	7,67	7,11			
D ₄	8,06	9,16	8,61			
D ₅	–	–	10,00			
Листяні ліси	5,94	10,00	7,00			
Хвойні ліси	5,23	7,72	6,27			
Мішані ліси	5,76	7,61	6,68			
Загалом	5,23	10,00	6,82			

Близькими є середні значення вологості ґрунтів у свіжих (11,24–11,99 бала) та вологих (12,15–12,50 бала) лісорослинних умовах із режимом, проміжним між мезофітним і гігромезофітним. Тобто фітоіндикаційне і лісотипологічне бонітування гідрологічного режиму співпадають. Граничні (низькі) значення умов зволоження ґрунтів у межах відповідних лісорослинних умов зумовлюються як особливостями рельєфу (крутизна та експозиція схилів) цих ділянок моніторингу, так і низькими значеннями бонітету, запасу та зімкненості намету деревостанів, що призводить до збільшення проникнення світла до поверхні ґрунту, посилення випаровування та зменшення вологості ґрунтів.

Мінливість зволоження ґрунтів (fH) лісових екотопів варіює від наближеного до помірно нерівномірного зволоження у 4,5 бала ($\omega = 0,17-0,23$) до наближеного до нерівномірного зволоження у 6,70 бала ($\omega = 0,25-0,33$), тобто від лісорослинних умов, найбільш придатних для рослин-гемігідроконтрастофобів до гемігідроконтрастофілів. Гемігідроконтрастофоби –

це рослини, адаптовані до свіжих лісолучних екотопів із помірно нерівномірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту за повного його промочування опадами й талими водами або сухих, що лише в окремі дощові сезони промочуються опадами. Гемігідроконтрастофіли – це рослини, адаптовані до сухуватих лісолучних і лучно-степових екотопів із нерівномірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту за помірного або незначного промочування його опадами й талими водами. Найменшими середніми значеннями перемінності зволоження ґрунтів (більш рівномірно зволожені) вирізняються показники fH в екотопах вологих борів, суборів, сугрудів і грудів та сирих сугрудів (4,48–5,27 бала), найбільшими – в екотопах сухих і свіжих борів та сухих суборів (6,40–6,44 бала), сухих сугрудів і грудів (5,74 і 5,85 бала).

Кислотний режим ґрунтів (Rc) лісових екотопів змінюється в діапазоні від наближеного до ацидофітного (4,76 бала, рН = 4,4–5,5) до проміжного (9,84 бала) між нейтрофітним (рН = 6,5–7,1) та базифітним (рН = 7,2–8,0), тобто від кислих типових дерново-підзолистих ґрунтів під сосновими та ялиновими лісами до проміжних між кислуватими й нейтральними ґрунтами дібров базифільного типу, сірими лісовими ґрунтами, вилугуваними, звичайними й типовими чорноземами та лужними ґрунтами південних чорноземів, вапнякових і крейдяних відслонень. Поступове підвищення середніх значень показників рН лісових ґрунтів, тобто збільшення їхньої лужності, простежується відповідно до трофоряду: бір – суббір – сугруд – груд тільки в межах однакових гідрологічних умов. Водночас у межах одного трофотопу зменшується рН на тлі збільшення вологості лісових ґрунтів. Відповідно, найменшими середніми значеннями рН вирізняються ґрунти вологих бору й субору (5,60–5,80 бала), найбільшими – сухих грудів (8,09 бала). Такі особливості динаміки ацидорежиму в лісових екосистемах підтверджують результати досліджень інших науковців (Didukh & Plyuta 1994).

Весь спектр умов мінералізованості ґрунтів (Sl) лісових екотопів має амплітуду від 4,25 до 8,09 бала, від проміжних між семіоліготрофними (Sl = 0,0075–0,01 %, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl – відсутні, наявні H^+ , Al^{3+} , Fe^{2+}) та мезотрофними (Sl = 0,0095–0,015 %, наявні HCO_3^- , відсутні SO_4^{2-} і Cl) до проміжних між семіевтрофними (Sl = 0,015–0,02 % із умістом $\text{HCO}_3^- = 0,004–0,016$ % ґрунту та слідами SO_4^{2-} і Cl в деяких типах) та евтрофними (Sl = 0,02 %, $\text{HCO}_3^- = 0,03–0,05$ % ґрунту та слідами SO_4^{2-} і Cl). Ґрунти змінюються від проміжного типу між бідними на солі, сильно вилугуваними дерново-підзолистими, бурими лісовими та небагатими на солі, багатшими дерново-підзолистими та сірими лісовими, лучно-болотними з промивним типом до проміжного типу між збагаченими солями темно-сірими та опідзоленими чорноземами та найкраще забезпеченими солями чорноземними, лучно-чорноземними та розвинутими дерново-карбонатними ґрунтами за відсутності ознак засоленості. Найменшими середніми значеннями сольового режиму ґрунтів вирізняються екотопи сухих і свіжих борів та вологих борів і суборів (5,13–5,83 бала) із дерново-підзолистими ґрунтами на давньоалювіальних відкладах борових терас, оскільки підзолистий процес проходить глибоко лише на піщаних позбавлених карбонатів алювіальних відкладах. Найбільшими середніми значеннями сольового режиму ґрунтів відзначаються екотопи сухих (6,75 і 6,96 бала) та сирих (6,63–6,83 бала) сугрудів і грудів на сірих лісових ґрунтах лесових терас та мокрих грудів (7,37 бала), приурочених переважно до низьких терас річок із мулистими або торф'янисто-глеєвими ґрунтами, яким порівняно більше притаманне соленакопичення.

Режим умісту карбонатів у ґрунтах (Ca) лісових екотопів змінюється в діапазоні від 4,53 до 8,21 бала (CaO, MgO – від 0,5 до 2,0 %), тобто від ґрунтів, придатних для екогрупи гемікарбонатофобних рослин, до ґрунтів, придатних для рослин проміжної групи між акарбонатофільними та гемікарбонатофільними. Динаміка вмісту карбонатів у ґрунтах екотопів закономірно пов'язана зі зміною режимів мінералізованості та кислотності ґрунтів: вміст карбонатів поступово підвищується від дерново-підзолистих до темно-сірих лісових ґрунтів і знижується в екотопах із торф'янисто-глеєвими ґрунтами.

Мінімальні середні значення вмісту карбонатів притаманні екотопам вологих борів і суборів (5,12–5,28 бала) на дерново-підзолистих ґрунтах із низьким рівнем мінералізованості і наявністю лише слідів карбонатів (CaO , MgO = 0,5 %). Незначно вищі показники мають сирі сугруди (5,33 бала), сирі та мокрі груди (5,82 і 5,54 бала), приурочені переважно до низьких терас річок із мулистими або торф'янисто-глеєвими ґрунтами. У таких ґрунтах карбонатна основа заміщується сульфатами та хлоридами, а підвищений рівень їхньої мінералізованості в 6,63–7,37 бала має хлоридно-сульфатну природу. Зазвичай для подібних екотопів індикаторними видами рослин є гемікарбонатофоби, які хоча й не ростуть на карбонатних породах та уникають виходів материнських карбонатних порід на поверхню, але поширені в межах їхнього залягання. Описані рослини потерпають за наявності активних карбонатів (є більш толерантними до них тільки в умовах високого вмісту органічної речовини), але витримують доволі високу насиченість кальцієм комплексу поглинутих основ. Максимальні середні значення вмісту карбонатів у 7,04 і 7,39 бала притаманні екотопам сухих сугрудів і грудів (підвищений рівень їхньої мінералізованості у 6,75 і 6,96 бала має карбонатну природу) з листяними лісами на сірих лісових ґрунтах, що утворилися на лесових породах, проте характеризуються підзолистими процесами та малим умістом карбонатів (CaO , MgO = 0,6–1,5 %), які не підіймаються до верхніх горизонтів завдяки промивному режиму. Такі ґрунти є найбільш придатними для розвитку акарбонатофілів – рослин нейтральних оселищ, стійких до малого вмісту карбонатів у ґрунті. Найчастіше ці рослини, поряд зі зниженими вимогами щодо наявності активних карбонатів у ґрунті, потребують високого вмісту обмінних катіонів, особливо кальцію й магнію, для мінерального живлення. Збільшення середніх значень умісту карбонатів у ґрунтах екотопів, аналогічно збільшенню їхньої лужності, простежується відповідно до трофоярду: бір – суббір – сугруд – груд тільки в межах однакових гідрологічних умов. У межах одного трофотопу зменшується вміст карбонатів на тлі збільшення вологості лісових ґрунтів, що сприяє вилугованості ґрунтових профілів.

Показники нітратного режиму (Nt) ґрунтів екотопів характеризуються найбільшим градієнтом змінності серед едафічних режимів лісогосподарської області (3,56–8,17 бала). Зміни відбуваються від умов, проміжних між слабозабезпеченими мінеральним азотом оліготрофними ґрунтами (субанітрофітними) (Nt = 0,05–0,2 %) і середньозабезпеченими мінеральним азотом (гемінітрофітними) (Nt = 0,2–0,3 %), до проміжних між достатньо забезпеченими мінеральним азотом ґрунтами (нітрофітними) (Nt = 0,3–0,4 %) і добре забезпеченими мінеральним азотом ґрунтами (еунітрофітними) (Nt = 0,4–0,5 %). Найбільший уміст азоту в ґрунті відзначено в найтепліших для лісів і вологих умовах, де відбувається швидкий розклад органіки й вона не вимивається, а накопичується. Азот може перебувати в малодоступних для рослин формах органічних сполук через надмірне зволоження та погану аерацію. На схилах, де ґрунти сильніше промиваються, уміст азоту є нижчим, ніж на вирівняних і знижених ділянках рельєфу. Екотопи, які формуються в борових і суборових умовах, характеризуються найменшими середніми показниками вмісту нітратних та аміачних форм азоту (3,85–4,46 і 4,13–5,09 бала), в умовах сугрудів – і грудів – найбільшими (5,63–6,16 і 6,42–6,72 бала). Збільшення середніх значень умісту мінерального азоту в ґрунтах екотопів, аналогічно збільшенню їхньої лужності та вмісту карбонатів, відбувається згідно з трофоярдом: бір – суббір – сугруд – груд (3,85–6,72 бала).

Режими аерації ґрунтів (Ae) лісових екотопів (5,23–10,0 бала) змінюється від умов значно аерованих ґрунтів (Ae = 80–55 %) до слабоаерованих (20–15 %), тобто від піщаних ґрунтів за незначного або помірного промочування кореневмісного шару опадами і талими водами до проміжних між вологими глинистими ґрунтами з практично сталим капілярним зволоженням (Ae = 30–20 %) та вологими оглеєними ґрунтами з максимальним капілярним зволоженням кореневмісного шару (Ae = 15–3 %). Я. П. Дідух та П. Г. Плюта зазначають (Didukh & Plyuta 1994), що на аерацію впливають два основні фактори: зволоження ґрунтів та їхній механічний склад, оскільки в піщаних ґрунтах вода може краще переміщуватися й

переносити кисень, ніж у глинистих або мулистих, де створюються анаеробні умови. Погіршення рівня аерації ґрунтів у лісових екотопах пов'язано зі збільшенням участі глинистих часток у гранулометричному складі ґрунтів відповідно до трофоярду: суббір – сугруд – груд, а за однакових трофічних умов – у міру збільшення вологості лісових ґрунтів. Найвищим значенням середніх показників аерації вирізняються ґрунти сухих борів і суборів (5,41 і 5,83 бала), найнижчі рівні аерації зафіксовано у сирих сугрудах (8,02 бала), сирих і мокрих грудах (8,61 і 10,0 бала).

Висновки. Визначено тенденції динаміки середніх значень показників едафічних режимів лісових екотопів Лісостепової лісогосподарської області залежно від лісорослинних умов. Виявлено, що збільшення вологості ґрунтів відповідає гігроярду. Найменші значення мінливості зволоження ґрунтів виявлено у вологих і сирих екотопах, найбільші – у сухих; найменші значення сольового режиму ґрунтів – у борах і суборах, найбільші – у сухих та сирих сугрудах і грудах. Збільшення вмісту мінерального азоту в ґрунтах відбувається відповідно до трофоярду бір – суббір – сугруд – груд. Збільшення лужності, вмісту карбонатів та погіршення рівня аерації лісових ґрунтів також відбувається відповідно до трофоярду в межах однакових гідрологічних умов, а в межах одного трофотопу у міру збільшення вологості лісових ґрунтів зменшуються рН, вміст карбонатів і погіршується рівень аерації.

Система моніторингу лісів має охоплювати поряд із кліматичними підходами моніторинг едафічних режимів екотопів лісових екосистем (методами прямих вимірювань та методами синфітоіндикації). Порівняння балової оцінки, отриманої в різні часові періоди (раз на п'ять років) у кожному регіоні України дасть змогу оцінювати інтенсивність, глибину, спрямованість (тренд), просторовий розподіл та особливості зміни едафічних режимів на регіональному та національному рівнях унаслідок дії глобальних кліматичних впливів на лісові екосистеми України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Bondaruk, M. A., Buksha, I. F., Tselishchev, O. G.* 2020. Synphytoindication modeling of climatopes of forest ecosystems based on the forest monitoring data for forest-steppe region in Ukraine. *Forestry and Forest Melioration [Лісівництво і агролісомеліорація]*, 136: 117–125 (in Ukrainian).
- Buksha, I.* 2010. Study of climate change impact on forest ecosystems, and development of adaptation strategies in forestry of Ukraine. *Climate Change Impacts on Forest Management in Eastern Europe and Central Asia: Dimensions, impacts, mitigation and adaptation policies. Forests and Climate Change Working Paper 8.* Ed. Csaba Matyas, FAO, 157–179.
- Didukh, Ya. P.* 2011. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv, Phytosociocentre, 176 p.
- Didukh, Ya. P.* 2016. Climatogenic changes in the flora of the Ukrainian Carpathians. Chernivtsi, Druk Art, 280 p. (In Ukrainian).
- Didukh, Ya. P. and Plyuta, P. G.* 1994. Phytoindication of environmental factors. Kyiv, Naukova Dumka, 280 p. (in Ukrainian).
- Guide to higher plants of Ukraine. 1987. [Prokudin, Yu.N., Ed.]. Kyiv, Naukova dumka, 548 p. (in Russian).
- Hensyruk, S. A., Bondar, V. S., Shevchenko, S. V. et al.* 1981. Integrated forestry zoning of Ukraine and Moldova. Kyiv, Naukova Dumka, 360 p. (in Russian).
- Methodical recommendations for forest monitoring in Ukraine Level I. 2008. Buksha, I. F. (Ed.). Kharkiv, URIFFM, 47 p. (in Ukrainian).
- Mosyakin, S. L. and Fedoronchuk, M. M.* 1999. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kyiv, Institute of Botany, 346 p.
- Olkhovych, O. P. and Musiyenko, M. M.* 2005. Phytoindication and phytomonitoring. Kyiv, Phytosociocenter, 64 p. (in Ukrainian).
- Ostapenko, B. F.* 1997. Typological diversity of forests of Ukraine. Forest-Step. Kharkiv, Kharkiv State Agrarian University, 128 p. (in Ukrainian).
- Stoyko, S. M.* 2009. The potential environmental impacts of global warming on forest formations of Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of UNFU*, 19.15: 214–224 (in Ukrainian).
- Tichy, L.* 2002. JUSCE, software for vegetation classification. *Journ. Veg. Sci.*, 13: 451–453.
- Turboveg 2.157. Management system for vegetation data. Current version: 2.157 (17-12-2021). Available at: <http://www.synbiosys.alterra.nl/turboveg/> (accessed 08.10.2021).

Vorobyov, D. V. 1969. Methods of forest typology research. Kyiv, Urozhay, 388 p. (in Russian).

Vysotskiy, G. N. 1962. Biological, soil and phenological observations and research in Veliko-Anadol. 1901–1902. Selected works. Vol. 1. Moscow, AN SSSR, p. 159–497 (in Russian).

Bondaruk M. A., Tselishev O. G.

SYMPHYTOINDICATION ASSESSMENT OF EDAPHOTOPES OF FOREST ECOSYSTEMS BASED ON FOREST MONITORING DATA IN FOREST-STEPPE REGION OF UKRAINE

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

The paper reports the results of the synphytoindication assessment of edaphotopes of forest ecosystems in the Forest-Steppe forestry region of Ukraine. Trends in the dynamics of average values of edaphic regime indicators of forest ecosystems according to changes in forest conditions have been determined. Forest monitoring research has to include monitoring of edaphic regimes of ecotopes in forest ecosystems along with climatic ones (direct measurements and synphytoindication methods). Comparison of the obtained values in different time periods (for example, once every five years) in each region of Ukraine will allow assessing the intensity, depth, direction (trend), spatial distribution and features of changes in edaphic regimes at the regional and national levels due to impact of global climate change upon forest ecosystems in Ukraine, which is the important component of forest ecosystem monitoring in the context of climate change. The research was done on 642 1st level monitoring plots (49 forest types in 15 types of forest site conditions are represented: A₁-A₃, B₁-B₃, C₁-C₄, D₁-D₅) within the Forest-Steppe forestry region of Ukraine.

Key words: forest monitoring, forest site conditions, edaphic regimes.

E-mail: bm1961@ukr.net; tsel_s@ukr.net

Одержано редколегією: 02.11.2021