



ОЦІНКА РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТІ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ УКРАЇНИ ЗА РІЗНОЇ ЩІЛЬНОСТІ МЕРЕЖІ ДІЛЯНОК СПОСТЕРЕЖЕНЬ

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

Засобами Q-GIS побудовано розріджену мережу ділянок моніторингу лісів I рівня відповідно до вимог міжнародної програми UN-ECE ICP Forest щільністю 15 × 15 км як підвибірку повної мережі. Оцінено репрезентативність мережі в межах природних зон, областей, типів лісорослинних умов і деревостанів. Проведено порівняння розподілів дерев головних порід за класами дефоліації, які прийняті для міжнародної та національної звітності з моніторингу лісів, а також значень середньої дефоліації головних порід для обох мереж. Встановлено, що розріджена мережа ділянок моніторингу лісів I рівня достовірно не відрізняється від повної на рівні країни, а також у двох природних зонах – Поліссі та Лісостепу. Спостереження в розрідженій мережі дають змогу з належним рівнем точності оцінювати стан лісів за показником середньої дефоліації та за розподілом дерев головних лісоутворювальних порід у межах класів дефоліації. Проведення спостережень на розрідженій мережі дасть можливість зменшити фактичні витрати на здійснення моніторингу лісів більш ніж на 50 %. Для всіх ділянок розрідженої мережі зберігається увесь часовий ряд попередніх спостережень, що дає змогу відстежувати довгострокову динаміку показників моніторингу лісів.

Ключові слова: моніторинг лісів, мережа ділянок I рівня, UN-ECE ICP Forest, дефоліація, типи лісорослинних умов, оцінка репрезентативності.

Вступ. У лісовій галузі нашої держави розвиток моніторингу лісів започаткований у рамках міжнародного співробітництва за Конвенцією ООН про широкомасштабне транскордонне забруднення повітря (Konventsiya 1983). Наприкінці 80-х років минулого століття науковці Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДЛГА) розпочали дослідження з лісового моніторингу (Monitoring lesov 1990, Buksha 1998, Buksha 2001, Buksha et al. 2011).

Необхідність проведення моніторингу лісів передбачено міжнародними зобов'язаннями України, зокрема – Страсбурзькою резолюцією S1 («Європейська мережа постійних ділянок моніторингу лісових екосистем») загальноєвропейського процесу «Ліси Європи», Конвенцією ООН про широкомасштабне транскордонне забруднення повітря (Konventsiya 1983), Конвенцією ООН про охорону біологічного різноманіття (Konventsiya pro okhoronu 1999), Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату та Кіотського протоколу до неї (Kyoto Protocol 1997) тощо.

Законодавчі основи моніторингу лісів в Україні закладені в 90-х роках минулого століття з прийняттям Верховною Радою України низки законів щодо моніторингу навколишнього природного середовища – Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» (Pro okhoronu 1991), Закону України «Про рослинний світ» (Pro roslynnyu 1999). Лісовим кодексом України (Lisovyy kodeks Ukrainy 1994, у редакції від 8 лютого 2006 р.) визначено, що моніторинг лісів є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища. Положення про державну систему моніторингу довікля затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391. Роботи з моніторингу лісів були передбачені державною програмою «Ліси України 2015» (Pro zatverdzhennya 2009) і впроваджувалися в лісах, підпорядкованих Держлісагентству України (ДАЛРУ).

Від самого початку діяльність з моніторингу лісів України ґрунтувалася на методах, гармонізованих із методикою моніторингу I рівня міжнародної спільної програми з оцінки та моніторингу впливу забруднення повітря на ліси у регіоні Європейської Економічної комісії ООН – UN ECE ICP Forest (Manual on methods 2010). Починаючи з 2000 р. моніторинг лісів проводили спільно лісові наукові та проектні установи (УкрНДЛГА та ВО «Укрдержліспроект»), а з 2011 р., згідно з наказом Держлісагентства України (ДАЛРУ), проведення польових спостережень на ділянках моніторингу лісів I рівня покладено на

спеціалістів державних лісогосподарських підприємств, формування бази даних моніторингу лісів – на ВО «Укрдержліспроект», а науково-методичне забезпечення, аналіз даних і звітність за результатами моніторингу лісів I рівня – на УкрНДЛГА.

УкрНДЛГА виконував функції національного координаційного центру в межах міжнародної спільної програми з оцінювання та моніторингу впливу забруднення повітря на ліси (UN ECE ICP Forest). Відповідно до встановлених міжнародних вимог, інститут щорічно подавав національну звітність до міжнародного координаційного центру програми UN ECE ICP Forest з інформацією про динаміку стану лісів України на ділянках моніторингу I рівня, спеціалісти інституту регулярно брали участь у міжнародних калібраційних заходах із забезпечення якості даних моніторингу лісів, здійснювали гармонізацію методів визначення показників моніторингу лісів у відповідності з вимогами програми UN ECE ICP Forest, проводили навчання українських спеціалістів, які виконували польовий збір даних на ділянках моніторингу лісів (Buksha, 2001).

Водночас, починаючи з 2016 р., у зв'язку із закінченням терміну виконання державної програми «Ліси України 2015» (Pro zatverdzhennya 2009) діяльність з моніторингу лісів призупинено, а національну та міжнародну звітність за результатами моніторингу з того часу не надавали. Це суперечить рішенням державних органів щодо розвитку моніторингу, зокрема – рішенням Ради національної безпеки і оборони України від 25.04.2013 «Про комплекс заходів щодо вдосконалення проведення моніторингу довкілля та державного регулювання у сфері поводження з відходами в Україні», яке уведено в дію Указом Президента України від 18.10.2013 № 572 (Pro rishennya 2013).

Ситуація, яка склалася з моніторингом лісів в Україні, унеможлиблює реалізацію завдань державної екологічної політики України на період до 2030 р., які затверджені Законом України від 28 лютого 2019 р. № 2697-VIII (Pro osnovni zasady 2019). Зазначений закон передбачає необхідність «посилення спроможностей природоохоронного управління у проведенні комплексного моніторингу стану навколишнього природного середовища та державного контролю у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів».

Указом Президента України від 21.11.2017 № 381 (Pro dodatkovy zakhody 2017) Кабінету Міністрів України доручено розробити та внести на розгляд Верховної Ради України законопроекти щодо удосконалення системи державного природоохоронного контролю та моніторингу стану навколишнього природного середовища.

Зазначені нормативно-правові акти передбачають, серед іншого, необхідність проведення заходів щодо оптимізації моніторингових мереж спостережень. Оптимізація мережі ділянок моніторингу лісів України є актуальною проблемою, оскільки цей захід дає можливість збалансувати рівень витрат та інформативність моніторингу. Системний підхід до побудови та оптимізації мережі ділянок спостереження є важливою передумовою до створення якісної системи моніторингу динаміки показників, що визначають обсяги викидів і поглинання вуглецю в ландшафтах (Houghton et al., 2012).

Питання оптимізації мереж ділянок моніторингу лісів вирішували багато країн з урахуванням своїх природних особливостей, специфіки поширення лісів та національних вимог щодо інформативності моніторингу лісів. Наприклад, у Румунії впродовж 1990–2007 рр. спостереження проводили на ділянках моніторингу лісів I рівня, що входили до мережі, щільність якої становила 2×2 км. Після 2007 р. спостереження були продовжені на ділянках, які увійшли до розрідженої мережі 16×16 км (Badea et al. 2013). Шведські дослідники провели оцінку ефективності моніторингу на ділянках національної інвентаризації лісів і з'ясували необхідність оптимізації програм спостережень із метою покращення контролю як за широкомасштабними явищами пошкодження лісів, так і для ідентифікації та контролю локальних проявів пошкодження (Wulff et al. 2013). Задля збільшення рівня репрезентативності вибірки шведські дослідники пропонують провести розрідження первинної мережі ділянок національної інвентаризації лісів та сформувати

тимчасові кластери із залученням даних дистанційного зондування Землі (Grafström et al. 2017).

Мета роботи – визначити інформативність і репрезентативність оцінок стану лісів на ділянках моніторингу лісів I рівня в Україні на основі порівняльного аналізу ключових показників моніторингу за різної щільності мережі спостережень (повної та розрідженої).

Матеріали й методи. Існуюча мережа ділянок моніторингу лісів I рівня має базову щільність 5×5 км й охоплює всі адміністративні регіони України (рис. 1). За станом на 01.01.2015. до складу мережі входили 1457 постійних лісових ділянок моніторингу, закладених у лісах, що знаходяться у сфері управління ДАЛРУ (зокрема – в анексованому Криму та на тимчасово окупованих територіях Донецької й Луганської областей).

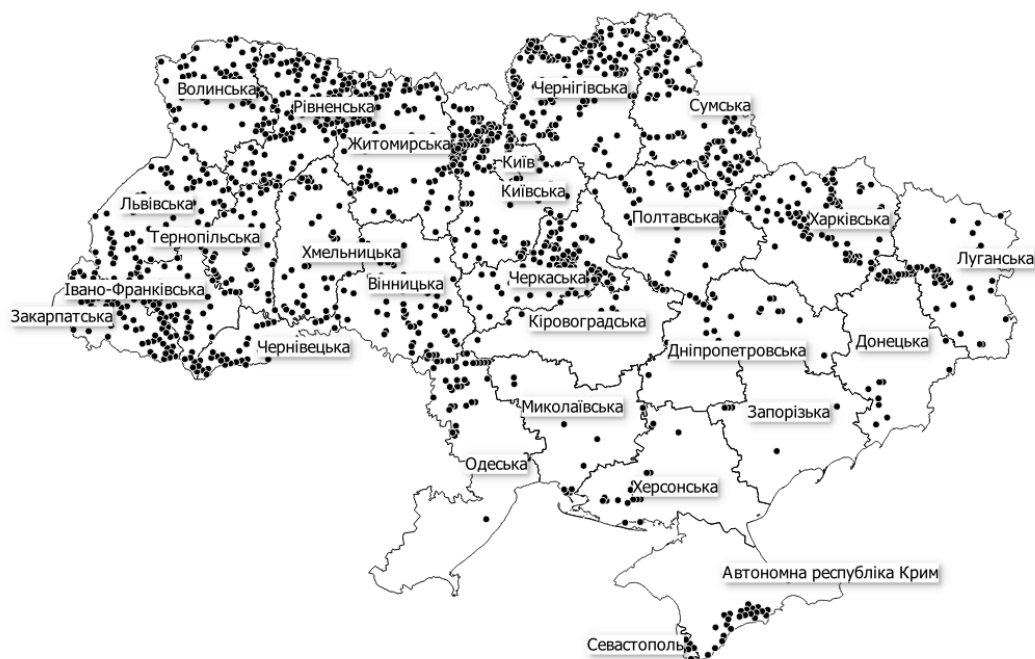


Рис.1 – Повна мережа ділянок моніторингу лісів I рівня (5×5 км)

У ході проведення попередніх досліджень (Yarotskiy et al. 2015) нами встановлено, що повна мережа лісового моніторингу I рівня є репрезентативною для лісів України за типами лісорослинних умов і за групами порід як загалом для держави, так і для більшості природних зон. Винятком є степові області, в яких виявлено незначний рівень репрезентативності ділянок моніторингу лісів, якщо порівняти з даними, які містяться в лісовпорядній повидільній базі даних, що, ймовірно, пов'язане зі значною фрагментарністю лісів у Степовій зоні та відносно малою кількістю ділянок моніторингу.

Враховуючи міжнародні вимоги щодо мінімальної щільності мережі ділянок моніторингу лісів I рівня UN ECE ICP Forest, згідно з якими щільність мережі ділянок моніторингу не може перевищувати 16×16 км (Manual on methods 2010), нами було запроєктовано розріджену мережу ділянок моніторингу лісів I рівня зі щільністю 15×15 км для всієї території України (рис. 2).

Джерелом даних для проведення аналізу слугувала база даних моніторингу лісів України з координатами ділянок і результатами польових спостережень за 2013 та 2015 рр.



Рис. 2 – Розріджена мережа ділянок моніторингу лісів І рівня (15 × 15 км)

Засобами Q-GIS побудовано розріджену мережу щільністю 15 × 15 км. З метою збереження постійних ділянок моніторингу (див. рис. 1), навколо кожного вузлу нової мережі побудовано буферну зону радіусом 5 км, відібрано найближчу з існуючих ділянок моніторингу лісів І рівня та включено їх до розрідженої мережі. Проведено стратифікацію решти вузлів розрідженої мережі шляхом суміщення нової мережі та лісової маски і виявлено, що крім наявних постійних ділянок І рівня ще 234 ділянки належать до вкритих лісом земель і мають бути закладені додатково.

З метою перевірки репрезентативності отриманої розрідженої мережі було проведено оцінювання розподілу ділянок моніторингу за типами лісорослинних умов (ТЛІУ) та деревними породами для всієї України та окремо – за природними зонами. Отримані розподіли порівнювали статистичними методами (Atramentova & Utevskaaya 2008) (методом χ^2) із аналогічними розподілами для повної мережі моніторингу, а також із даними, одержаними за результатами аналізу повидільної бази даних «Лісовий фонд України» станом на 01.01.2011 по Україні. Методом χ^2 також оцінено охоплення областей, представленість деревних порід та розподіли облікових дерев за класами дефоліації для обох мереж. Аналіз проведено за стандартними класами дефоліації, які використовують для міжнародної звітності з моніторингу лісів (Manual on methods 2010): 0 клас (здорові дерева, дефоліація 0–10 %), 1 клас (11–25 %), 2 клас (26–60 %), 3 клас (61–99 %), 4 клас (100 %). За допомогою тесту Шапіро-Уилка встановлено, що розподіл значень дефоліації відрізняється від нормального, однак, зважаючи на велику кількість дат, порівняння середньої дефоліації за породами та групами порід у обох варіантах мереж проводили із застосуванням параметричного критерію Стьюдента (Armitage et al. 2002). Статистичний аналіз здійснено за допомогою пакету PAST (<https://folk.uio.no/ohammer/past/>).

Результати та обговорення.

Репрезентативність мереж. Мережею моніторингу лісів І рівня охоплено всі природні зони України (табл. 1). Найбільшою кількістю ділянок є у Лісостепу та Поліссі (понад 37 % у

кожній), найменшою – у Криму, 1,9 %. Дані свідчать, що всі природні зони охоплено пропорційно до площі лісовкритих земель (див. табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика мережі ділянок моніторингу лісів I рівня за ступенем різноманіття типів лісорослинних умов за природними зонами (станом на 2013 та 2015 рр.)

Природна зона	Характеристика лісового фонду*		Мережа 5 × 5 км (повна)			Мережа 15 × 15 (розріджена)		
	Площа лісів, тис га*	Частка за площею, %*	N	Частка ділянок, %	Кількість ТЛУ	N	Частка ділянок (%)	Кількість ТЛУ
Полісся	3009,7	31,7	539	37,0	15	137	35,8	14
Лісостеп	2770,7	29,2	543	37,3	14	148	38,6	12
Степ	1308	13,8	172	11,8	13	48	12,5	10
Карпати	2093,8	22,1	175	12,0	6	43	11,2	5
Гірський Крим	308,7	3,3	28	1,9	5	7	1,8	4
Україна	9490,9	100,0	1457	100,0	20	383	100,0	20

Примітки: * – дані з повидільної бази даних «Лісовий фонд України» станом на 01.01.2011.

N – кількість ділянок моніторингу.

Повна мережа лісового моніторингу I рівня в Україні налічує 1457 ділянок, які розташовані у 20 типах лісорослинних умов (табл. 2). Переважаючі гігротопи – свіжі (60,1 %) та вологі (27,5 %), переважаючі трофотопи – груди (38 %), субори (27,4 %) та сугруди (26,4 %). Найбільш поширеним ТЛУ є свіжий груд (26,5 % всіх ділянок моніторингу), дещо менше представлений свіжий субір (17,6 %). Ділянки моніторингу (повна мережа) репрезентативно охоплюють різноманіття ТЛУ у відповідності з матеріалами останнього державного обліку лісів України станом на 01.01.2011 р.

Таблиця 2

Розподіл ділянок моніторингу повної мережі та лісових земель лісового фонду за площею за ТЛУ для всієї України, %

Гігротоп	% ділянок моніторингу (повна мережа)					% площі земель*				
	Трофотоп				Разом	Трофотоп				Разом
	A	B	C	D		A	B	C	D	
0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,7
1	1,7	1,1	1,6	3,0	7,4	2,3	1,1	3,6	4,4	11,3
2	5,9	17,6	10	26,5	60,1	5,3	12,9	8,9	20,3	47,5
3	0,2	6,7	12,6	8,0	27,5	0,6	7,6	15,9	8,8	32,8
4	0,1	1,6	2,1	0,4	4,3	0,3	1,9	3,6	0,5	6,3
5	0,1	0,3	0,0	0,1	0,4	0,4	0,5	0,4	0,1	1,4
Разом	8,2	27,4	26,4	38	100	9,0	24,2	32,6	34,2	100,0

*Дані з повидільної бази даних «Лісовий фонд України» станом на 01.01.2011.

Розріджена мережа 15 × 15 км – це підвибірка повної мережі, яка включає 383 ділянки з повної мережі (табл. 3). Нею охоплено 20 типів лісорослинних умов. За допомогою методу χ^2 доведено, що розподіл ділянок моніторингу за ТЛУ в розрідженій мережі суттєво не відрізняється від такого у повній мережі, що дає змогу стверджувати, що на рівні країни ділянки розрідженої мережі є репрезентативними. При цьому загальна кількість ділянок моніторингу лісів I рівня (табл. 4), а отже й очікувані фактичні видатки, скорочуються більше ніж на 50 %.

На рівні природних зон для Полісся та Лісостепу розподіли суттєво не розрізняються, у той час як для Степової зони, Карпат і Гірського Криму розподіли ділянок моніторингу повної мережі відрізняються від даних державного обліку лісів, тобто моніторингом охоплено не всі типи лісорослинних умов, або їхні співвідношення істотно різняться.

Відповідно, повна мережа, а тим більше – розріджена, недостатньою мірою репрезентують зазначені природні зони.

Таблиця 3

Розподіл ділянок моніторингу розрідженої мережі за ТЛУ, %

Гіротоп	Трофотоп				Разом
	A	B	C	D	
0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3
1	1,3	0,8	2,6	2,9	7,6
2	6,0	16,2	9,4	30,3	61,9
3	0,3	6,5	10,7	7,6	25,1
4	0,0	1,3	2,1	0,8	4,2
5	0,3	0,5	0,0	0,3	1,0
Разом	8,1	25,3	24,8	41,8	100

Примітка. χ^2 фактич. – 1,36; χ^2 теор. ($p = 0,05$) – 18,5.

Таблиця 4

Кількість ділянок моніторингу повної й розрідженої мереж моніторингу за областями

Область	Кількість ділянок		Частка від повної мережі, %	Область	Кількість ділянок		Частка від повної мережі, %
	Повна мережа	Розріджена мережа			Повна мережа	Розріджена мережа	
АР Крим	28	7	25,0	Миколаївська	14	3	21,4
Вінницька	65	19	29,2	Одеська	34	9	26,5
Волинська	68	17	25,0	Полтавська	65	23	35,4
Дніпропетровська	22	6	27,3	Рівненська	112	31	27,7
Донецька	23	6	26,1	Сумська	97	29	29,9
Житомирська	98	27	27,6	Тернопільська	52	14	26,9
Закарпатська	69	18	26,1	Харківська	86	21	24,4
Запорізька	7	0	0,0	Херсонська	21	6	28,6
Івано-Франківська	64	16	25,0	Хмельницька	39	12	30,8
Київська	120	28	23,3	Черкаська	92	19	20,7
Кіровоградська	9	2	22,2	Чернівецька	29	8	27,6
Луганська	40	12	30,0	Чернігівська	139	36	25,9
Львівська	64	14	21,9	Разом	1457	383	26,3

Ділянки розрідженої мережі моніторингу лісів розташовані в усіх адміністративних областях України, за винятком Запорізької області (див. табл. 4). Кількість ділянок на одну область коливається від 36 на півночі (Чернігівська область) до 2 у малолісних степових областях (Кіровоградська область). Відповідно у разі розрідженої мережі дані моніторингу будуть характеризувати стан лісів лише на національному рівні, а на рівні областей ці дані не будуть репрезентативними. Для детального оцінювання на рівні регіонів можна буде за потреби запроваджувати регіональний моніторинг із більшою густотою мережі (Buksha 2005). На ділянках повної мережі моніторингу щорічно мають бути обстежені 33773 облікових дерева 58 деревних порід, а в розрідженій мережі кількість дерев зменшиться до 8890, деревних порід – до 37. Проте слід відзначити, що 15 найбільш репрезентованих деревних порід становлять 96,6 % всіх облікових дерев (табл. 5). Розподіл облікових дерев за деревними породами у повній мережі виглядає наступним чином: 35,3% складають деревостани сосни звичайної та 19,9 % – дуба звичайного, бука лісового – 5,4%, ясена звичайного – 4,5%, ялини європейської 4,7%.

Розподіл облікових дерев (повна та розріджена мережа)

Порода/ Група порід	Повна мережа		Розріджена мережа	
	Кількість	Частка, %	Кількість	Частка, %
Сосна звичайна (Сз)/ <i>Pinus sylvestris</i> L.	11935	35,3	3025	34,0
Дуб звичайний (Дз)/ <i>Quercus robur</i> L.	6723	19,9	1813	20,4
Граб звичайний (Гз) / <i>Carpinus betulus</i> L.	2190	6,5	593	6,7
Береза повисла (Бп)/ <i>Betula pendula</i> Roth.	1974	5,8	436	4,9
Бук лісовий (Бкл)/ <i>Fagus sylvatica</i> L.	1825	5,4	478	5,4
Ялина європейська (Ял)/ <i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.	1593	4,7	292	3,3
Ясен звичайний (Яз)/ <i>Fraxinus excelsior</i> L.	1515	4,5	512	5,8
Вільха чорна (Вч)/ <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn	1014	3,0	330	3,7
Липа серцелиста (Лп)/ <i>Tilia cordata</i> Mill.	944	2,8	282	3,2
Клен гостролистий (КлГ)/ <i>Acer platanoides</i> L.	750	2,2	213	2,4
Біла акація (Акб)/ <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	599	1,8	140	1,6
Осика (Ос)/ <i>Populus tremula</i> L.	480	1,4	177	2,0
Дуб скельний (Дск)/ <i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.,	410	1,2	125	1,4
Сосна кримська (Скр)/ <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe	330	1,0	105	1,2
Ялиця біла (Ялб)/ <i>Abies alba</i> Mill.	328	1,0	65	0,7
Хвойні	14254	42,2	3490	39,3
Листяні	19519	57,8	5400	60,7
Разом	33773	100	8890	100

Примітка. χ^2 фактич. –1,62; χ^2 теор. ($p = 0,05$) –7,96.

Порівняння розподілів за методом χ^2 показало, що представленість деревних порід у розрідженій мережі суттєво не відрізняється від повної.

Таким чином, розріджена мережа ділянок моніторингу лісів 15 × 15 км є репрезентативною для лісів України за типами лісорослинних умов і за породним складом.

Порівняння дефоліації в повній та розрідженій мережах. Крім перевірки репрезентативності необхідно оцінити дані моніторингу обох мереж за основним показником стану лісів, який використовують у міжнародній спільній програмі моніторингу лісів UN ECE ICP Forests, – дефоліацією. Щорічно за результатами моніторингу лісів надають національний та міжнародний звіти, у яких представлено розподіл облікових дерев головних деревних порід за класами дефоліації у вигляді стандартних звітних таблиць (табл. 6, 7), де наведено результати визначення класів дефоліації для обох мереж.

Таблиця 6

Розподіл облікових дерев головних листяних деревних порід за групами віку та класами дефоліації (повна та розріджена мереж, станом на 2013 та 2015 рр.)

Клас дефоліації	Вік до 60 років							Вік понад 60 років							Всі листяні
	Дз	Бкл	Яз	Бп	Гз	Інші листяні	Листяні	Дз	Бкл	Яз	Бп	Гз	Інші листяні	Листяні	
Розріджена мережа 15 × 15 км															
0	48,1	69,6	78,2	59,1	74,8	60,4	61,5	48,8	64,1	62,2	77,3	71,5	61,2	58,9	59,7
1	44,9	16,8	20,0	32,5	23,3	27,5	30,1	46,6	32,7	29,0	20,1	22,7	30,3	35,2	33,6
2	7,0	13,6	1,8	8,4	2,0	10,4	7,8	4,4	2,8	8,2	2,2	5,5	8,2	5,6	6,2
3	0	0	0	0	0	1,7	0,6	0,1	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4
4	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Разом	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Закінчення табл. 6

Клас дефоліації	Вік до 60 років							Вік понад 60 років							Усі лис-тяні
	Дз	Бкл	Яз	Бп	Гз	Інші лис-тяні	Лис-тяні	Дз	Бкл	Яз	Бп	Гз	Інші лис-тяні	Лис-тяні	
Повна мережа 5 × 5 км															
0	59,8	66,6	65,1	66,1	71,4	60	63	56,7	60,8	65,8	68,7	74,3	57,6	60,9	61,6
1	34,4	24,0	27,4	29,8	26,5	29,4	29,7	38,5	28,6	28,1	27,6	22,1	31,6	32,4	31,4
2	5,4	9,2	5,5	3,8	2,0	8,4	6,2	4,5	10,4	5,3	3,5	3,5	9,9	6,3	6,3
3	0,1	0,2	0,9	0,2	0	2,1	0,9	0,2	0,1	0,8	0,2	0,1	0,8	0,4	0,6
4	0,3	0,0	1,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Разом	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблиця 7

Розподіл облікових дерев головних хвойних деревних порід за групами віку та класами дефоліації (повна та розріджена мережі, станом на 2013 та 2015 рр.)

Клас дефоліації	Вік до 60 років				Вік понад 60 років				Всі хвойні
	Сз	Яле	Інші хвойні	Хвойні	Сз	Яле	Інші хвойні	Хвойні	
Розріджена мережа 15 × 15 км									
0	68,3	35,6	28,1	62,1	74,9	63,0	76,2	74,0	69,2
1	23,9	43,7	44,9	27,4	21,4	28,0	21,4	22,0	24,2
2	7,5	20,7	25,8	10,1	3,3	9,0	2,4	3,8	6,3
3	0,2	0	1,1	0,3	0,4	0	0	0,3	0,3
4	0,1	–	–	0,1	–	–	–	–	0,0
Разом	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Повна мережа 5 × 5 км									
0	65	50,3	36,6	61,2	71,1	57,7	59,8	69,4	66
1	27,3	31,6	40,8	28,6	24,3	30,1	27,1	25	26,5
2	7,2	17,7	21,8	9,6	4,3	12,1	12,8	5,4	7,1
3	0,4	0,1	0,8	0,4	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3
4	0,1	0,3	0	0,2	0,1	0	0	0	0,1
Разом	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Результати порівняння розподілів груп деревних порід за класами дефоліації та групами віку за методом χ^2 свідчать (табл. 8), що розріджена мережа достовірно не відрізняється від повної для зазначених груп (за винятком бука звичайного). Таким чином, національна звітність за результатами моніторингу у розрідженій мережі буде достовірно відображати загальну ситуацію щодо стану рівнинних лісів України.

Крім розподілу за класами дефоліації аналіз стану лісів проводять також за показником «середня дефоліація». Результати статистичного аналізу значень середньої дефоліації для 15 головних порід та груп порід у повній та розрідженій мережах наведені нижче (табл. 9).

Таблиця 8

Результати порівняння розподілу груп порід дерев за класами дефоліації (метод χ^2)

Порівнювальна група	χ^2 факт.	χ^2 теор.	<i>P</i>
Всі хвойні	0,66	9,5	0,05
Хвойні за групами віку	2,5	15,5	0,05
Сосна звичайна за групами віку	1,7	15,5	0,05
Ялина європейська за групами віку	11,5	15,5	0,05
Всі листяні	0,73	9,5	0,05
Листяні за групами віку	0,99	15,5	0,05
Дуб звичайний за групами віку	8,6	9,5	0,05
<i>Бук лісовий за групами віку</i>	<i>26,0</i>	<i>12,6</i>	<i>0,05</i>
Ясен звичайний за групами віку	14,3	16,8	0,01
Граб звичайний за групами віку	1,6	12,6	0,05
Береза повисла за групами віку	8,2	12,6	0,05

Примітка. Курсивом виділено достовірну різницю.

Таблиця 9

Характеристика значень середньої дефоліації повної та розрідженої мереж моніторингу

Деревна порода	Повна мережа			Розріджена мережа			<i>T</i> Стьюдента
	Середня дефоліація	Стандартна похибка	Кількість	Середня дефоліація	Стандартна похибка	Кількість	
Сз	10,9	9,6	11935	10,6	9,1	3025	1,34
<i>Дз</i>	<i>11,9</i>	<i>8,6</i>	<i>6723</i>	<i>12,5</i>	<i>8,1</i>	<i>1813</i>	<i>2,65</i>
Гз	11,1	9,0	2190	11,8	10,6	593	1,48
Бп	11,0	8,6	1974	11,2	9,3	436	0,50
<i>Бкл</i>	<i>13,3</i>	<i>11,4</i>	<i>1825</i>	<i>12,2</i>	<i>10,2</i>	<i>478</i>	<i>2,15</i>
Ялс	14,7	12,5	1593	15,3	12,2	292	0,73
Яз	12,0	11,5	1515	12,6	11,3	512	1,05
Влч	9,2	7,8	1014	9,0	7,4	330	0,30
Лпд	13,9	12,4	944	14,8	14,1	282	0,89
Клг	8,8	8,8	750	10,0	10,4	213	1,56
<i>Акб</i>	<i>18,9</i>	<i>16,2</i>	<i>599</i>	<i>16,6</i>	<i>9,0</i>	<i>140</i>	<i>2,31</i>
Ос	11,5	8,8	480	11,8	11,1	177	0,31
<i>Дск</i>	<i>20,8</i>	<i>13,5</i>	<i>410</i>	<i>15,0</i>	<i>7,6</i>	<i>125</i>	<i>6,07</i>
Скр	17,6	12,4	330	17,7	9,2	105	0,05
<i>Яцб</i>	<i>13,3</i>	<i>10,5</i>	<i>328</i>	<i>6,7</i>	<i>5,5</i>	<i>65</i>	<i>7,37</i>
Хвойні	11,5	10,2	14254	11,2	9,5	3490	1,93
Листяні	12,2	10,4	19519	12,3	10,2	5400	0,62
Всі дерева	11,9	10,3	33773	11,9	9,9	8890	0,48

Примітка. *t*-тест Стьюдента $t_{\text{теор.}} = 1,96$ ($p = 0,05$) (курсивом виділені значення, які достовірно відрізняються).

Статистичний аналіз показав (див. табл. 9), що середні значення дефоліації більшості порід, а також за групами порід у розрідженої мережі суттєво не відрізняються від повної ($p = 0,05$) (за винятком дуба звичайного, бука лісового, дуба скельного, ялиці білої та білої акації, для яких різниця є достовірною). Для зазначених деревних порід встановлено, що в розрідженій мережі середня дефоліація є переважно меншою, ніж у повній. Проте середні значення дефоліації є важливими насамперед для вивчення динаміки стану лісів, тому у разі запровадження розрідженої мережі аналіз динаміки дефоліації буде проведений лише для тих ділянок, які увійдуть до цієї мережі (із тривалими часовими рядами спостережень) і, відповідно, ці відмінності (повної та розрідженої мереж) не вплинуть на тренди динаміки середнього рівня дефоліації.

Висновки. Доведено, що на рівні країни запроєктована розріджена мережа ділянок моніторингу лісів I рівня (15 × 15 км), яка є підвибіркою повної мережі, суттєво не

відрізняється від повної мережі за охопленням природних зон і типів лісорослинних умов. Розріджена мережа задовольняє міжнародним вимогам щодо мінімальної щільності мережі UN ECE ICP-Forest. Встановлено, що спостереження на ділянках розрідженої мережі дають змогу оцінювати стан лісів на рівні держави за показником середньої дефоліації всіх порід та груп порід, а також надавати звітність щодо розподілу облікових дерев головних лісоутворювальних порід за класами дефоліації (результати для всіх деревних порід достовірно не відрізняються від повної мережі, за винятком бука лісового). Застосування розрідженої мережі дасть змогу зменшити витрати на здійснення моніторингу лісів на більш ніж 50 %. Важливим є те, що ця мережа є підвибіркою повної мережі моніторингу і для всіх її ділянок є історія тривалих спостережень, що дає змогу й надалі відстежувати на них динаміку показників. Таким чином, оптимізована розріджена мережа ділянок моніторингу І рівня може бути використана для розбудови державної системи моніторингу лісів України. Проте необхідно наголосити, що дані моніторингу лісів у розрідженій мережі на рівні природних зон Степу, Карпат та Гірського Криму не є цілком репрезентативними для цих природних зон на відміну від природних зон Лісостепу та Полісся, для яких розріджена мережа є репрезентативною. Для прийняття остаточних рішень щодо оптимізації мережі моніторингу потрібно врахувати, що для природних зон Степу, Карпат та Гірського Криму розрідження мережі супроводжуватиметься зменшенням інформативності даних моніторингу на рівні цих природних зон, тому під час проведення оптимізації ділянок моніторингу лісів у зазначених природних зонах доцільно залишити наявну щільність мережі.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Grafström, A., Zhao, X., Nylander, M., Petersson, H.* 2017. A new sampling strategy for forest inventories applied to the temporary clusters of the Swedish national forest inventory. *Can. J. For. Res.*, 47: 1161–1167. [dx.doi.org/10.1139/cjfr-2017-0095](https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0095).
- Armitage, P., Berry G, Matthews, J. N. S.* 2002. *Statistical Methods in Medical Research*. Blackwell, Malden, MA, 826 p.
- Atramentova, L. A. and Utevskaia, O. M.* 2008. *Statisticheskiye metody v biologii [Statistical methods in biology]* Horlovka, Vydavnytstvo Likhtar, 248 p. (in Russian).
- Badea, O. Silaghi, D., Taut, I., Neagu, S., Leca, S.* (2013). Forest Monitoring – Assessment, Analysis and Warning System for Forest Ecosystem Status. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(2): 613–625.
- Buksha, I. F.* 1998. *Monitorynh lisiv Ukrayiny [Forest monitoring in Ukraine]*. *Lisovyy ta myslivskiy zhurnal [Forest and hunting magazine]*, 4: 4–5 (in Ukrainian).
- Buksha, I.F.* 2001. *Kontseptual'ni polozhennya monitorynhu lisiv Ukrayiny. [Conceptual provisions of forest monitoring in Ukraine]*. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliorsiya [Forestry and forest melioration]*. 100: 13–16. [in Ukrainian].
- Buksha, I. F.* 2005. *Pryntsy py pobudovy bahatorivnevoyi merezhi monitorynhu lisiv Ukrayiny [Principles of building a multi-level network of forest monitoring network in Ukraine]*. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliorsiya. [Forestry and forest melioration]*, 107: 242–252 (in Ukrainian).
- Buksha, I. F., Pasternak, V. P., Pyvovar, T. S., Buksha, M. I., Yarotsky, V. Yu.* 2011. *Metodychni materialy shchodo provedennya monitorynhu lisiv I rivnya ta zabezpechennya yoho yakosti [Methodical materials on monitoring and monitoring of forests I level]*. Kharkiv, 40 p. (in Ukrainian).
- Houghton, R. A., House, J. I., Pongratz, J., van der Werf, G. R., DeFries, R. S., Hansen, M. C., Le Quéré, C., and Ramankutty, N.: Carbon emissions from land use and land-cover change, *Biogeosciences*, 9, 5125–5142, <https://doi.org/10.5194/bg-9-5125-2012>, 2012.
- Konventsiya o transgranichnom zagryaznenii vozdukha na boshiye rasstoyaniya ot 13.11.1979 [Convention on long-range transboundary air pollution]. 1983. [Electronic resource]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_223 (last accessed date 01.04.2019) (in Ukrainian).
- Konventsiya pro okhoronu biolohichnoho riznomanittya vid 1992 roku [Convention for the Protection of Biological Diversity] (Rio-de-Zhaneiro, 1992). 1999. *Sb. Mezhdunar. konventsiy v oblasti okhrany okruzh. sredy*. Lvov: *Ekopravo*, 243–256 p. (in Ukrainian).
- Kyoto Protocol to the Convention on Climate Change. 1997. UNEP-IUC Geneva Executive Center, 33 p. (in Ukrainian).
- Lisovyy kodeks Ukrayiny [Forest Code of Ukraine]*. 1994. / Postanova Verkhovnoyi Rady Ukrayiny vid 21.01.1994 No 3852-XII. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny*, 17, p. 99 (in Ukrainian).

Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 2010. [Electronic resource]. UNECE, UN-ECE ICP Forests, Hamburg. Available from: <http://www.icp-forests.org/Manual.htm> (last accessed date 01.04.2019).

Monitoring lesov Ukrainsoy SSR v ramkakh programmy EEK OON [Monitoring of forests of Ukrainian SSR within EJC UN]. 1990. Zvit pro NDR (zakluchnyy). Final scientific report GR 01890075354. Kharkiv, URIFFM, 99 p. (in Russian).

Pro rishennya Rady natsionalnoyi bezpeky i oborony Ukrayiny vid 25 kvitnya 2013 roku "Pro kompleks zakhodiv shchodo vdoskonalennya provedennya monitorynhu dovkillya ta derzhavnoho rehulyuvannya u sferi povodzhennya z vidkhodamy v Ukrayini". 2013. [Electronic resource]. Ukaz Prezydenta Ukrayiny No 572/2013. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/572/2013> (last accessed date 01.04.2019) (in Ukrainian).

Pro dodatkovy zakhody shchodo rozvytku lisovoho hospodarstva, ratsionalnoho pryrodokorystuvannya ta zberezhennya obyektiv pryrodno-zapovidnoho fondu. Ukaz Prezydenta Ukrayiny vid 21.11.2017 № 381/2017 [Decree of the President of Ukraine dated November 21, 2017 No. 381/2017 On additional measures for the development of forestry, rational use of nature and conservation of objects of the nature reserve fund]. Available from: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/572/2013> (last accessed date 01.04.2019) (in Ukrainian).

Pro osnovni zasady (stratehiyu) derzhavnoyi ekolohichnoyi polityky Ukrayiny na period do 2030 roku. Zakon Ukrayiny. 1985. Stratehiya vid 28.02.2019 № 2697-VIII [About the Basic Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine for the period up to 2030. Law of Ukraine; Strategy from 28.02.2019 No. 2697-VIII].

Pro okhoronu navkolyshnyoho pryrodnoho seredovyscha. 1991. Zakon Ukrayiny [Law of Ukraine On the Environmental Protection of 26.06.1991, No. 1268-XII]. Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny, 41. st. 546 (in Ukrainian).

Pro roslynnyy svit. 1999. Zakon Ukrayiny vid 9 kvitnya 1999 r. № 591-XIV [Law of Ukraine On Flora of 9.04.1999, No 591-XIV]. Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny, 22–23: st. 198 (in Ukrainian).

Pro zatverdzhennya Derzhavnoyi prohramy "Lisy Ukrayiny" na 2010–2015 roky. [On Approval of the State Program "Forests of Ukraine" for 2010–2015]. 2009. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 16.09.2009 № 977 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated September 16, 2009 No. 977. Ofitsiynyy visnyk Ukrayiny, 72: st. 5 (in Ukrainian).

Wulff, S., Roberge, C., Ringvall, A. H., Holm, S., Ståhl, G. 2013. On the possibility to monitor and assess forest damage within large scale monitoring programmes – a simulation study. *Silva Fennica*, 47(3): article id 1000. 18 p.

Yarotskij, V. Yu., Pyvovar, T. S., Pasternak, V. P., Buksha, M. I. 2015. Vyvchennya kharakterystyk vidmerloyi derevyny za rezultatamy monitorynhu lisiv I rivnya [Study of dead wood characteristics on the I level forest monitoring. *Nauk. Visnyk NUBIPU. Seriya: Lisivnytstvo ta dekoratyvne sadivnytstvo* [Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Forestry and Decorative Gardening], 219: 67–78 (in Ukrainian).

Buksha I. F., Buksha M. I., Pyvovar T. S.

DATA REPRESENTATIVITY ASSESSMENT FOR MONITORING OF UKRAINIAN FORESTS AT VARIOUS PERMANENT PLOT DENSITIES

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

By means of Q-GIS a sparse grid of I Level forest monitoring plots with the density of 15×15 km was designed as a subsample of the full grid according to the requirements of the UN-ECE ICP Forest. The representativeness of the grid coverage within natural zones, regions, types of forest condition and forest stands was assessed. The comparison of trees distribution (by species) within standard defoliation classes used for international and national reporting, as well as the values of mean defoliation of the main tree species for both grids were carried out. It is established that the designed sparse grid of I Level forest monitoring plots does not much differ from the full one at the national level. Observations in the sparse grid enable researchers to assess the forest condition according to the mean defoliation rate, and provide standard reports on the distribution of the main species trees by defoliation classes according to standard forms. The use of a sparse grid will reduce the actual costs on forest monitoring by 50 % on average. For all the plots of the sparse grid there is a history of long-term observation, which enables monitoring the dynamics of forest indicators.

Key words: forest monitoring, grid of I Level plots, UN-ECE ICP Forest, defoliation, types of forest site condition, representativeness assessment.

Букша І. Ф., Букша М. І., Пивовар Т. С.

ОЦЕНКА РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ УКРАИНЫ ПРИ РАЗНОЙ ПЛОТНОСТИ СЕТИ УЧАСТКОВ НАБЛЮДЕНИЙ

Український науково-дослідницький інститут лісного господарства і агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

Средствами Q-GIS построена разреженная сеть участков мониторинга лесов I уровня в соответствии с требованиями международной программы UN-ECE ICP Forest плотностью 15×15 км как подвыборка полной сети. Оценена репрезентативность сети в пределах природных зон, областей, типов лесорастительных условий и древостоев. Проведено сравнение распределений деревьев главных пород по классам дефолиации, принятым для международной и национальной отчетности по мониторингу лесов, а также значений средней дефолиации

главных пород для обеих сетей. Установлено, что разреженная сеть участков мониторинга лесов I уровня достоверно не отличается от полной на уровне страны. Наблюдения в разреженной сети позволяют с должным уровнем точности оценивать состояние лесов по показателю средней дефолиации и по распределению деревьев главных лесобразующих пород в пределах классов дефолиации. Применение разреженной сети позволяет уменьшить фактические расходы на осуществление мониторинга лесов в среднем на 50 %. Для всех участков разреженной сети сохраняется весь временной ряд предыдущих наблюдений, что позволяет отслеживать долгосрочную динамику показателей мониторинга лесов.

Ключевые слова: мониторинг лесов, сеть участков I уровня, UN-ECE ICP Forest, дефолиация, типы лесорастительных условий, оценка репрезентативности.

E-mail: buksha@uriffm.org.ua

Одержано редколегією: 03.04.2019