**Електронні навчально-методичні видання, які є об’єктом навчання в рамках навчальних дисциплін відповідно до навчальної програми підготовки бакалаврів і магістрів**

(згідно з розпорядж. Науково-дослідної частини № 03-21 від 05.05.2017 р.).

Дисципліна – *Моніторинг лісів.*

Кафедра /факультет – *лісознавства / природничих наук.*

Викладач – *професор кафедри лісознавства Шпарик Юрій Степанович.*

Список наукових текстів:

**1. Шпарик Ю.С.** Стан лісів Українських Карпат у 2016 році та його динаміка за даними моніторингу / Ю.С. Шпарик, Р.М. Вітер // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. − т. 27, № 3. – с. 75-78.

**2. Shparyk Y.S.** Structure, diversity and dynamics of primeval beech (*Fagus sylvatica* L.) forests of the Ukrainian Carpathians and recommendations for their implementation in sustainable forest management / Y.S. Shparyk, Y. Y. Berkela, V. V. Pavlyuk // Nature of the Carpathians: Annual Scientific Journal of CBR and the Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, 2016, № 1 – P. 23-35.

**3.Шпарик Ю.С.** Характеристики стійкості лісів та методика їх визначення / Ю.С. Шпарик // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. − Вип. 22.3. – с. 58-63.

**4. Шпарик Ю.С.** Моніторинг лісів Україн­ських Карпат / Ю.С. Шпарик // Науковий вісник: Лісівницькі до­слідження в Україні. – Львів: Укр­ДЛТУ, 2002, Вип. 12.4. – С. 158-166.

***УДК 630\*182+630\*22 Ст. наук. співроб. Ю.С. Шпарик, доктор с.-г. наук;***

***ст. наук. співроб. Р.М. Вітер, канд. с.-г. наук – ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», м. Івано-Франківськ***

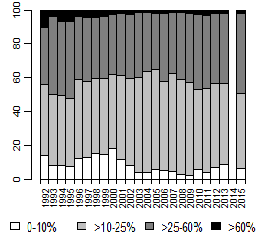
**СТАН ЛІСІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ В 2016 РОЦІ ТА ЙОГО ДИНАМІКА ЗА ДАНИМИ МОНІТОРИНГУ**

Стан лісів Українських Карпат за показниками моніторингу в 2016 роцібув добрий: довжина крони – майже 40%; дефоліація верхівки – відсутня; дефоліація низу крони – слабка; дехромація – відсутня; пошкодження – слабкі. З основних порід регіону найвищі показники дефоліації та дехромації були в дуба звичайного (слабкими), тоді як в бука, ялини та ялиці вони були дещо нижчими (практично відсутніми). За період спостережень (1991-2016 роки) стан основних порід теж був добрим. Найвищі дефоліація та інтенсивність ентомопошкоджень були в ялини (14-15%) та в дуба звичайного (13-14%), але навіть вони є слабкими. В бука дефоліація та інтенсивність ентомопошкоджень були на рівні 7%, тобто практично відсутніми. Динаміка більшості показників моніторингу лісів за останні 26 років подібна до синусоїди, але за породами суттєво відрізняється.

**Ключові слова:** моніторинг лісів,основні породи, дефоліація, дехромація, довжина крони, пошкодження, динаміка.

**Вступ.** Оцінку стану лісів у Європі з кінця 1980-их років забезпечує система моніторингу лісів за методикою програми ICP-Forest [1]. У 2015 році проведено оцінку стану 88 052 облікових дерев на 4818 об’єктах I рівня моніторингу лісів в 25 країнах. Загальна середня дефоліація склала 20,7% з коливанням середніх значень від 19,6% до 29,3% для основних порід. Листяні породи мали вищу дефо­ліацію, ніж хвойні (21,3% проти 20,2%), але ця різниця недостовірна. Серед основних порід найвищу дефоліацію мали вічнозелені дуби та дуб звичайний (29,3 і 23,4% відповідно). Середземноморські дуби і сосна австрійська мали найвищий відсоток всихання (1,7% і 1,6%). Австрійська сосна і бук звичайний мали найнижчий рівень дефоліації (19,5 і 19,6%). Дефоліація більшості порід поліпшилася в 2015 порівняно з 2014 роком, особливо широколистяних. Однак це зростання в значній мірі можна пояснити меншою кількістю облікових дерев. Пошкодження були виявлені на 42% дерев і переважною їх причиною були комахи. Майже половина (44%) з цих комах були віднесені до дефоліаторів (хвоє- або листогризи), тоді як мінуючі комахи були причиною 19%, а деревоточці – 10% пошкоджень. Гриби були другою (11%) причиною пошкоджень, а абіотичні чинники – третьою (10%) [2].

У розрізі регіонів є свої особливості – наприклад дефоліація хвойних лісів Словацької республіки (рис. 1), а 2/3 цих лісів – ялинники, хоча і показує зростання частки облікових дерев з середньою дефоліацією за останні 10 років з 40 до майже 50 відсотків, але ці коливання мали і зворотну тенденцію з 1995 до 2004 року. Тому, говорити про суттєві коливання стану ялинників Словаччини за останні роки немає підстав [2]. Подібна ситуація і щодо листяних (переважно – букових) лісів Словаччини – частка дерев з середньою дефоліацією зросла з 20 до 40%, але це циклічні коливання.



***Рис. 1. Динаміка дефоліації хвойних порід Словаччини (частка дерев за класами: 0-10% - незначна; 10-25 - слабка; 25-60 –середня; >60% - сильна)***

Моніторинг лісів Українських Карпат проводиться нами щорічно за методикою ICP-Forest із 1989 року [3-9], а в даній публікації наведено оцінку стану лісів в 2016 році і аналіз її динаміки за весь період спостережень.

**Методика досліджень**. Методикою ICP-Forest передбачено формування першого рівня моніторингу лісів закладкою в кутах правильних квадратів чи гексаедрів відповідно до розташування лісових масивів постійних дослідних об’єктів (ПДО) для контролю стану лісів. ПДО першого рівня – це 4 площадки із 6 обліковими деревами на кожній. Обстежуються щорічно за такими основними показниками: периметр стовбура, клас Крафта, вік хвої, довжина крони, дефоліація, дехромація, пошкодження [10, 11]. У статті представлено результати обстеження 13 об’єктів І-го рівня моніторингу в 2016 році та аналіз 26-річної динаміки стану основних лісотвірних порід регіону: бука – *Fagus sylvatica* L., ялини – *Рісеа abies* L., дуба звичайного – *Quercus robur* L., ялиці – *Abies alba* Mill.

**Результати та обговорення.** Середні показники стану лісів в регіоні (табл. 1) в 2016 році були добрими: довжина крони – майже 40%; дефоліація верхівки – відсутня; дефоліація низу крони – слабка; дехромація – відсутня; пошкодження – слабкі.

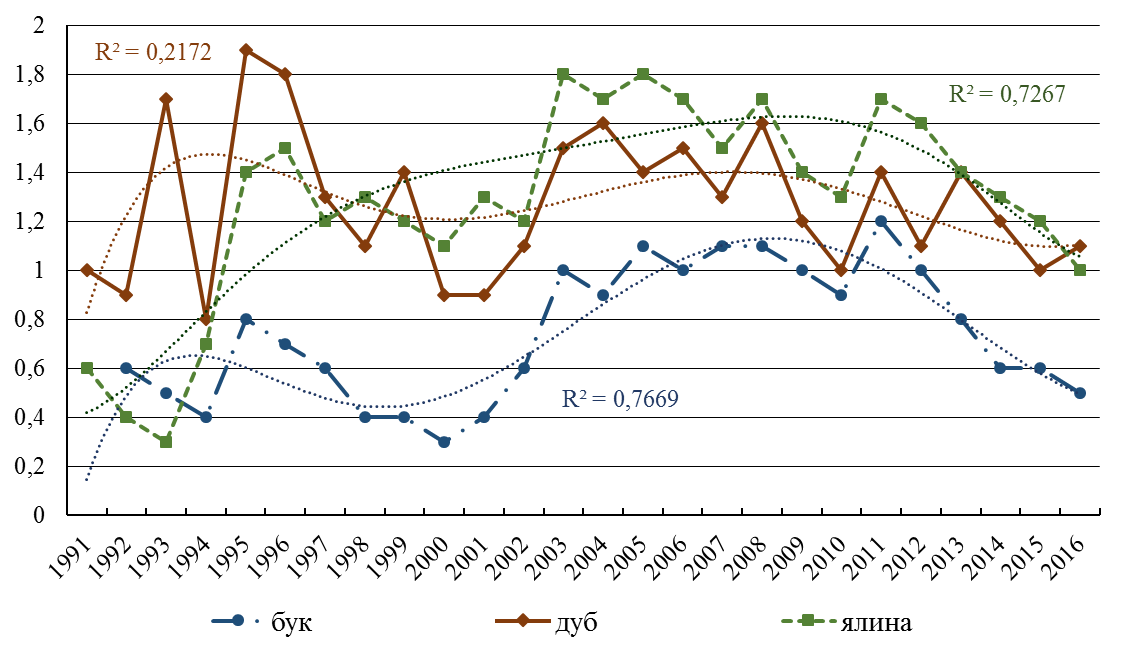
***Табл. 1. Стан деревних порід в лісах регіону в*** ***2016 році***

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Породи | Клас Крафта | Довжина крони,% | D, см | Дефоліа­ція крони, % | | Дехро­мація крони, % | Пошкод­­ження, % |
| 1/3 зверху | 2/3 знизу |
| Бук лісовий | 1,7 | 38,0 | 32,4 | 7,2 | 9,8 | 6,4 | 12,3 |
| Граб звичайний | 2,7 | 46,0 | 16,8 | 12,3 | 15,1 | 7,4 | 9,8 |
| Дуб звичайний | 1,5 | 32,0 | 34,1 | 10,3 | 17,8 | 9,6 | 21,4 |
| Липа | 2,5 | 37,0 | 28,4 | 12,1 | 15,0 | 8,3 | 14,2 |
| Ялина звичайна | 1,7 | 28,0 | 35,1 | 8,4 | 10,3 | 7,6 | 12,1 |
| Ялиця біла | 1,8 | 56,0 | 36,4 | 7,1 | 8,8 | 6,5 | 9,4 |
| Середнє | 1,98 | 39,50 | 30,53 | 9,57 | 12,80 | 7,63 | 13,20 |

За положенням у деревостані (див. табл. 1) найкращі показники в 2016 році були у дуба (1,5), бук, ялина і ялиця мають середні показники (1,7-1,8), а найгірші – у граба та липи (2,5-2,7). Це означає, що дерева дуба переважно займають панівне становище в деревостані, бук, ялина і ялиця формують перший ярус, а граб та липа – підлеглі яруси. Довжина крони найбільша у ялиці (56%), добра – у бука, граба і липи, а найменша – у ялини та дуба (28 і 32%). Більшість порід характеризується довжиною крони на рівні 30-40% і це дозволяє зробити висновок про високу їх стійкість. Відносно короткі крони ялини і дуба пояснюються особливостями структури їх деревостанів – зімкнуті, з розвинутим другим ярусом. За середнім діаметром найкращі показники у ялиці (36,4 см), а найгірші – у граба (16,8 см).

За дефоліацією вершини розмах коливань у розрізі деревних порід у 2016 році незначний: від 7,1% у ялиці до 12,3% – у граба. Середня для регіону Українських Карпат дефоліація вершини відноситься до класу «незначна дефоліація» – 9,6%. Слабка (10-25%) дефоліація вершини у дуба, граба і липи. За дефоліацією нижньої частини крони розмах коливань більший: від 8,8% у ялиці до 17,8% – у дуба. Середня для регіону Українських Карпат дефоліація нижньої частини крони відноситься до класу «слабка» – 12,8%. Тільки у ялиці та бука вона менша 10% (незначна). За дехромацією крони ситуація дещо краща, ніж з дефоліацією. Середнє її значення склало 7,6% і всі породи мають дехромацію класу «незначна», тобто менше 10%. За інтенсивністю пошкоджень облікових дерев коливання значень в 2016 році були найбільші: від 9,4% – у ялиці до 21,4% – у дуба. Тільки ялиця і граб мають незначні пошкодження, а всі інші породи – слабкі. За видами пошкоджень традиційно переважають сухі сучки у хвойних порід і листогризучі шкідники – у листяних. Достатньо поширеними є також поперечний рак у бука та ялиці і тріщини – у липи і граба. Частка дерев без пошкоджень у 2016 році складала 40,3%.

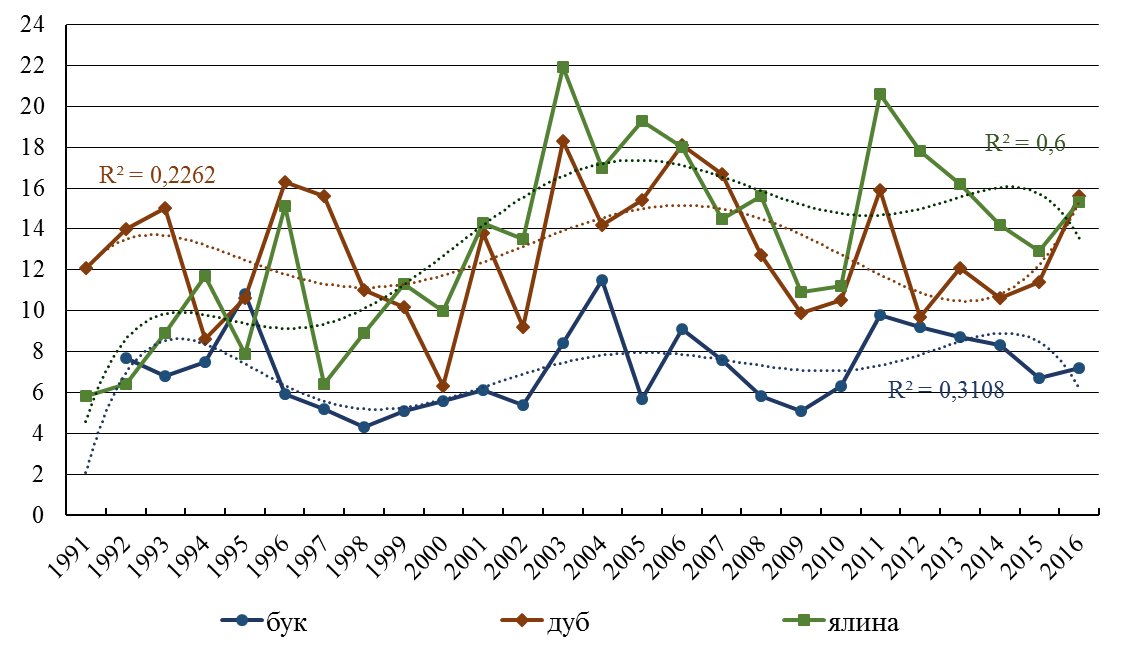
Динаміка класу пошкодження (дефоліації) основних порід регіону з 1991 до 2016 року має характер синусоїди, але за породами відрізняється достатньо суттєво (рис. 2). Клас пошкодження згідно методики програми ICP-Forest визначається за класами дефоліації та дехромації (див. рис. 1) і найбільш тісно зв’язаний з показником дефоліації, тому його ще називають – клас дефоліації. Коливання класу дефоліації найбільш суттєві (від 0,3 до 1,8) у ялини, хоча достовірність апроксимації його динаміки одна з найкращих. Крива апроксимації класу дефоліації ялини має три основних періоди за останні 26 років: з 1991 до 1998 відмічено інтенсивне погіршення середньої в регіоні дефоліації ялини з 4 до 14,5%; з 1999 до 2009 погіршення дефоліації ялини продовжувалося (з 14,5 до 19%), але з меншою інтенсивністю; з 2009 до 2016 має місце покращення дефоліації ялини з 19 до 10%.



***Рис. 2. Динаміка класу дефоліації основних порід Українських Карпат***

Коливання класу дефоліації у дуба також суттєві (від 0,8 до 1,9), але достовірність апроксимації його динаміки вже найгірша (див. рис. 2). За останні 26 років крива апроксимації дефоліації дуба мала три мінімуми (1991 – 9%; 2000 – 13; 2015 – 11%) та два максимуми (1994 – 17%; 2007 – 16). Незважаючи на значні коливання зроблено висновок, що стан дібров в регіоні з 1991 року є дос­татньо стабільним з коливаннями середньої дефоліації в межах 12-15%. Коливан­ня класу дефоліації у бука найменші (від 0,4 до 1,2) і достовірність апроксимації його динаміки одна з найкращих (див. рис. 2). Аналогічно з дубом крива апрокси­мації дефоліації бука мала три мінімуми (1991 – 2%; 1998 – 4; 2016 – 5%) та два максимуми (1995 – 9%; 2008 – 12). Зроблено висновок, що стан бучин Українсь­ких Карпат найкращий серед основних порід і, після незначного його погіршення з 2000 до 2008 року, за останні роки встановлено покращення стану бука.

Для розуміння факторів, які власне і формують стан лісів, зроблено аналіз динаміки інтенсивності (%) пошкоджень лісів ентомошкідниками. На загал інтенсивність цих пошкоджень основних порід регіону з 1991 також змінюється за синусоїдою (рис. 3), але її зв'язок з дефоліацією (див. рис. 2) тісний тільки для ялини (r=0,747), а не для бука (r=0,411) чи дуба (r=0,466). У ялини коливання величини пошкоджень найбільш суттєві (від 6 до 22%), а середнє значення найбільше – 13,6%. Достовірність апроксимації динаміки ентомо­пошкоджень ялини найкраща, а крива апроксимації має чотири мінімуми (1991 – 6%; 1996 – 9%; 2011 – 15; 2016 – 13%) і три максимуми (1993 – 10%; 2005 – 17; 2015 – 16%)). В цілому, після періоду збільшення інтенсивності ентомо­пошкоджень ялини (з 1991 до 2005) відмічено тенденцію до стабілізації цих пошкоджень на рівні 15-17% за останні 10 років.



***Рис. 3. Динаміка інтенсивності (%) ентомопошкоджень основних порід Українських Карпат***

Коливання інтенсивності ентомо­пошкоджень у дуба також суттєві (від 6 до 18%), але достовірність апроксимації її динаміки найгірша (див. рис. 3). За весь період спостережень ця крива апроксимації мала два мінімуми (1998 – 11%; 2013 – 10%) і три максимуми (1993 – 14%; 2007 – 15; 2016 – 15%), а середній відсоток ентомо­пошкоджень у дуба – 12,9%. Незважаючи на значні коливання зроблено висновок, що ентомо­пошкодження дібров в регіоні з 1991 року є дос­татньо стабільними з коливаннями в межах 11-15%. Коливан­ня інтенсивності ентомо­пошкоджень у бука найменші (від 4 до 12%), так само, як і середнє значення – 7,2%, а достовірність апроксимації його динаміки одна з найгірших (див. рис. 3). Крива апрокси­мації ентомо­пошкоджень бука мала чотири мінімуми (1993 – 6%; 1998 – 5%; 2010 – 7; 2016 – 6%) і три максимуми (1993 – 9%; 2005 – 8; 2014 – 9%). Зроблено висновок, що інтенсивність ентомопошкоджень бучин Українсь­ких Карпат з 1991 року є найнижчою серед основних лісотвірних порід регіону, а її коливання незначні.

**Висновки.** Стан лісів регіону Українських Карпат за даними моніторингу в 2016 роцібув добрий: довжина крони – майже 40%; дефоліація верхівки – відсутня; дефоліація низу крони – слабка; дехромація – відсутня; пошкодження – слабкі. З основних порід регіону найвищі дефоліація та дехромація були в дуба звичайного (слабкими), тоді як в бука, ялини та ялиці вони були дещо нижчими (практично відсутніми).

За період спостережень (1991-2016 роки) стан основних порід регіону також був добрим. Найвищі дефоліація та інтенсивність ентомопошкоджень були в ялини (15 і 14% відповідно) та в дуба звичайного (14 і 13%), але навіть вони згідно існуючої класифікації є слабкими. В бука дефоліація та інтенсивність ентомопошкоджень були дещо нижчими (7 і 7% відповідно), або практично відсутніми. Динаміка більшості показників моніторингу лісів за останні 26 років подібна до синусоїди, але за породами суттєво відрізняється.

**Література**

1. **The 1979 Geneva Convention on Long-range Transboundary Air Pollution** [Електронний ресурс] / Доступ: http://www.unece.org/env/lrtap/ lrtap\_h1.html.
2. **Michel A,** Seidling W, editors (2016) Forest Condition in Europe: 2016 Technical Report of ICP Forests. Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). – Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests. – 206 p.
3. **Парпан В.І.** Моніторинг лісових екосистем Карпат / В.І. Парпан, Ю.С. Шпарик, П.Д. Марків, І.С. Щербак // Зб. "Лісотехнічна наука і освіта на рубежі ХХІ століття".- Львів.- 1996. – С. 47-48.
4. **Shparyk Y.S.** Heavy metals migration in the Ukrainian Carpathians forests / Y.S. Shparyk // Effects of Air Pollutionon on Forest Health and Biodiversity in Forests of the Carpathian Mounta­ins”, NATO ScienceSeriesІ, Vol. 345 – Amsterdam, 2002. – P.259-268.
5. **Шпарик Ю.С.** Контроль стану лісів Українських Карпат в 2011 році / Ю.С. Шпарик, Р.М. Вітер, Т.І. Савчин, Р.І. Фалько // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. − Вип. 22.5. – С. 107-112.
6. **Шпарик Ю.С.** Стан лісів Українських Карпат у 2012 році / Ю.С. Шпа­рик, Р.М. Вітер, І.М. Яновська, Р.І. Фалько // Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.08. – С. 61-65.
7. **Шпарик Ю.С.** Результати моніторингу лісів Українських Карпат і прилеглих територій у 2013 році / Ю.С. Шпарик, Р.М. Вітер, І.М. Яновська, Т.Р. Юник, Р.І. Фалько// Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.04. – С. 169-175.
8. **Шпарик Ю.С.** Динаміка стану лісів Українських Карпат за даними моніторингу в 2010-214 роках / Ю.С. Шпарик, Р.М. Вітер // Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.2. – С. 31-36.
9. **Шпарик Ю.С.** Стан лісів НПП «Гуцульщина» та його динаміка в 2003-2015 роках / Ю.С. Шпа­рик, Р.М. Вітер, В.П. Лосюк // Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26.4. – С. 15-21.
10. **ICP Forests Manual** [Електронний ресурс] / Доступ: http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual.
11. **Методичні рекомендації з моніторингу лісів** України І рівня: Схвалені Науково-технічною радою Держкомлісгоспу України від 18 березня 2002 р. / УкрНДІЛГА. - Харків, 2001. - 34 с.

***Шпарык Ю.С, Витер Р.М.* Состояние лесов Украинских Карпат в 2016 году и его динамика по данным мониторинга**

Состояние лесов Украинских Карпат по показателям мониторинга в 2016 году было хорошим: длина кроны – почти 40%; дефолиация верхушки – незначительная; дефолиация низа кроны – слабая; дехромация – незначительная; повреждения – слабые. Из основных пород наивысшие показатели дефолиации и дехромации были у дуба черешчатого (слабые), тогда как в бука, ели и пихты они были несколько ниже (незначительными). За период наблюдений (1991-2016 годы) состояние основных пород тоже было хорошим. Наивысшие дефолиация и интенсив­ность энтомоповреждений были у ели (14-15%) и у дуба (13-14%), но даже они являются слабыми. В бука дефолиация и интенсивность энтомоповреждений были на уровне 7%, то есть незначительными. Динамика большинства показателей мониторинга лесов за последние 26 лет подобна синусоиде, но для разных пород существенно отличается.

**Ключевые слова:** мониторинг лесов, основные породы, дефолиация, дехромация, длина кроны, повреждения, динамика.

***Shparyk Y.S., Viter R.M.* Health conditions of the Ukrainian Carpathians forests in 2016 and their dynamics according to forest monitoring**

Health conditions of the Ukrainian Carpathians forests within ICP-Forest monitoring programme in 2016 was good: crown length – almost 40%; top defoliation – insignificant; total defoliation – weak; decolouration – insignificant; damages – weak. Pedunculate oak had biggest defoliation and decolouration between basic forest species but they were weak in 2016. Common beech, Norway spruce and Silver fir had a little less defoliation and decolouration and they were insignificant in 2016. From 1991 to 2016 health conditions of the main regional forest species also were good: defoliation of Norway spruce were close to 14-15%, for Pedunculate oak – close to 13-14%, for Common beech – close to 7%; and entomological damages – for Norway spruce and Pedunculate oak they were weak, and for Common beech – insignificant. The dynamics of the forest monitoring parameters was similar to the sinewave during last 26 years, but it substantially differs for some species.

**Keywords:** ICP-Forest monitoring, main species, defoliation, decolouration, crown length, damages, dynamics.

***Shparyk Y.S., Viter R.M.***

**Health conditions of the Ukrainian Carpathians forests in 2016 and their dynamics according to forest monitoring**

*State Higher Educational Institution "Vasyl Stefanyk Precarpathian National University", e-mail:* [*yuriy.shparyk@pu.if.ua*](mailto:yuriy.shparyk@pu.if.ua)

SUMMARY

European forests health estimation provides ICP-Forest monitoring program from the late 1980s. This estimation were done for 88 thousands trees on 4,818 objects in 25 countries in 2015. Mean crown defoliation were 20.7% with fluctuation from 19.6 to 29.3 for different species. 42% of estimated trees had damages and main their factors were insects.

Our colleagues have been providing Ukrainian Carpathians forests monitoring since 1989 according to the ICP-Forest methods. Results of 13 objects estimation in 2016 and analysis of regional forests health from 1991 to 2016 are an object of the paper.

**Results**. Tree crown defoliation in 2016 fluctuated from 7.1% – for Silver fir to 12.3% – for Hornbeam, for main species ones were small (10-25%), and regional mean – 9.6%. Tree crown damages in 2016 fluctuated from 9.4% – for Silver fir to 21.4% – for Pedunculate oak. Only Silver fir and Hornbeam had insignificant (less than 10%) damages and all other species – small damages. Dry branches for coniferous species and defoliators (insects) for deciduous species were main types of crown damages this year. The proportion of trees without damages was 40.3% in 2016.

The dynamics of the forests health indicators from 1991 to 2016 was estimated on example of main species. Their damage (defoliation) class dynamics were similar to the sinewave during last 26 years, but it substantially differs for some species. Norway spruce defoliation class fluctuated from 0.3 to 1.8 and its dynamics approximation had higher assurance (0.72) than other species. Norway spruce defoliation class dynamics had next trends: from 1991 to 1998 – intensive defoliation decline from 4 to 14.5%; from 1999 to 2009 – weak defoliation decline from 14.5 to 19%; from 2010 to 2016 – weak defoliation improving from 19 to 10%. Common beech defoliation class fluctuated from 0.4 to 1.2 and its dynamics approximation was the best (0.77). Common beech defoliation class dynamics had next trends: from 1992 to 2000 – weak defoliation improving from 8.3 to 4.4%; from 2000 to 2011 – intensive defoliation decline from 4.4 to 13.8%; from 2011 to 2016 – intensive defoliation improving from 13.8 to 6.6%.

Average forest damages dynamics also were similar to the sinewave during last 26 years in the Ukrainian Carpathians, but its correlation with defoliation dynamics was strong only for Norway spruce (r=0,747), but not for Common beech (r=0,411) and for Pedunculate oak (r=0,466). Norway spruce entomological damages fluctuated from 6 to 22 (mean – 13.6%) and were maximal within main species. Its dynamics approximation was the best (0.600). Common beech entomological damages fluctuated from 4 to 12% (mean – 7.2%) and its dynamics approximation was one of the worst (0.311). Its dynamics had four minimums (1993 – 6%; 1998 – 5%; 2010 – 7; 2016 – 6%) and three maximums (1993 – 9%; 2005 – 8; 2014 – 9%).

**Conclusions**. Average health conditions of Ukrainian Carpathians forests were good in 2016: crown length – up to 40%; top defoliation – less than 10%; crown defoliation – small; decolouration – less than 10% too; damages – small too. The best health conditions were in Common beech regional forests and intensive theirs improving was during last 6 years after intensive theirs deterioration from 2000 to 2011. Common beech regional forests also had smallest entomological damages within main forest species – insignificant.

Health conditions of Ukrainian Carpathians forests also were good during last 26 years (1991-2016). Maximal defoliation and entomological damages were in Norway spruce regional forests (15 and 14% in accordance) and in Pedunculate oak regional forests (14 and 13% in accordance), but even they were small.

УДК 630\*182***+***630\*22

**STRUCTURE, DIVERSITY AND DYNAMICS OF PRIMEVAL BEECH (*Fagus sylvatica* L.)** **FORESTS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS AND RECOMMENDATIONS FOR THEIR IMPLEMENTATION IN SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT**

YURIY STEPANOVYCH SHPARYK1, YURIY YURIYOVYCH BERKELA2, VASYL VASYLOVYCH PAVLYUK3

Structure, diversity and dynamics of primeval beech forests of the Ukrainian Carpathian Mountains analysed according to the results of three inventories on 10 ha permanent plot in 2000, 2005, and 2010. Ugolka-Shyrokyj Lug forest compartment where this plot situated is a largest massif of primeval beech forests in Europe – close to 9,000 hectares. Local primeval beech forests mainly are pure (>95% of beech), uneven-aged (decreasing diameter distribution), many layered (3-5 layers) with uneven distribution of lying deadwood (72 m3/ha in average) and successful natural regeneration (25 ths. /ha in average). First layer of the primeval beech stand formed by trees with DBH 80-120 cm and height 40-50 m. According to the type of diameter distribution and to the parameters of the stand, natural regeneration and lying deadwood were identified six development stages of the beech primeval forest if the gap area was 0.25-0.50 ha: new generation; young stand; pole stand; approaching maturity stand; mature stand; destruction. There are not clear differences between primeval beech forest massifs if the gap area is 5 ha and more. Beech part in species composition and cross-section area of trees were most stable, and standing wood volume and lying deadwood volume – most changeable parameters last 10 years.

Next recommendations for the practical implementation were proposed:

- Minimal area for the forest subcompartments should be at least 5 ha for forests which are managed by natural way;

- Gap management gives a possibility to change the species composition of the natural regeneration in beech forest types: for the pure beech compositions the gap size should be from 100 to 200 m2 (or from 1 to 2 of main layer trees); for forming a mixed composition the gap size should be >500 m2 (> 5 trees);

- For achievement a maximum stability of beech forests it is proposed their diameter distribution leads in accordance to the diameter distribution of the primeval beech forests on the corresponding development stages types of diameter distribution for six age groups of forests;

- For biodiversity maintenance of beech forests their lying deadwood volume has to be from 4 to 6 of annual wood increments.

**Keywords:** *primeval beech forest, structure, natural regeneration, lying deadwood, development stage, dynamics*.

**Introduction**

The importance and study intensity of primeval (virgin) forests increased rapidly last years due to an involvement of terms “sustainable development” and “sustainable forest management” to the widespread scientific use. And exactly virgin forests are the most stable forest ecosystems and an example of sustainable development of forests. Our definition of primeval forest – “a forest where human intervention is reduced to a minimum and is not limiting forest successions during a period, which is more than a maturity age of any main species" ( Shparyk et al. , 2010). Knowledge of structural patterns and functional mechanisms of such natural forests will provide an opportunity to develop models of sustainable development for the managed forests with the same species. It is very important for the Carpathian Mountains, where forests have basic ecological functions and therefore there is a need for a permanent shelter by forests of steep mountain slopes. According to our estimation there are 25,000 hectares of virgin forests in the Ukrainian Carpathians, and large (more than 9,000 ha) Uholka-Shyrokyj Lug massive of beech primeval forest is a unique phenomenon in Europe (Parpan et al., 2005). It confirmed by listing of Carpathian primeval forests to the Word Heritage List. The studies of these forests continue a long time (Stojko, 1977; Parpan, 1994; Korpel, 1995; Shparyk, 2001; Commarmot et al., 2005; Hamor et al., 2008; Shparyk et al., 2010; Commarmot et al., 2013).

**Object and methods**

The object of our researches was 10 hectares of primeval beech forests in compart­ment No. 2 of Uholka department in Carpathian Biosphere Reserve (Figure 1). Its area (200 per 500 m) was divided into forty 0.25 ha permanent plots (50 per 50 m). Live and dry standing trees (DBH ≥6 cm), lying deadwood (D≥8 cm, length ≥2 m) and natural regeneration (DBH ≤6 cm, height ≥10 cm) inventoried for 40 plots. Mapping of standing trees, their crowns and big natural regeneration (height ≥1.0 m) were made too.

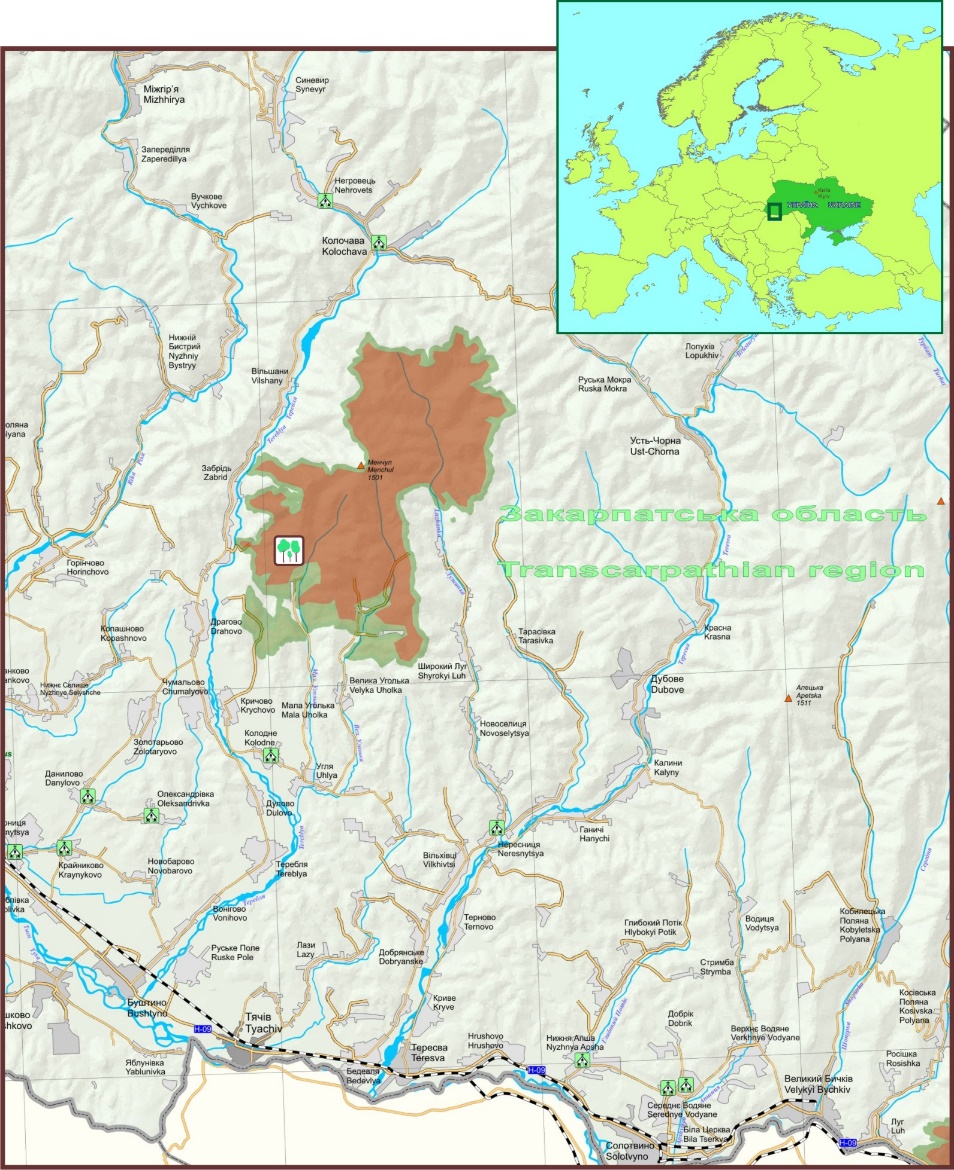


Figure 1. Geographic location of the Uholka-Shyrokyj Lug massive of the beech primeval forests and the study object in the Ukrainian Carpathians

Species, diameters in two directions (up to 1 mm), tree codes (living or dry, new or vanished), six JUFRO classes (height, vitality, dynamic, silvicultural, stem quality, crown) and main remarks (up to three types of damage) for living trees, and the degree of decay (according to Albrecht, 1990) and the height for dry trees were determined for standing trees. Detailed measurements (diameter at a height of 7 m, height of the tree and height of the crown) were done for model trees (6 per plot), which were selected in proportion to the diameter swing. That gives a chance to construct a graph of heights and to calculate volume of stems according to Ukrainian standards. Species, the middle diameter (≥8 cm), length (≥2 m), and degree of decomposition (according to Albrecht, 1990) were determined for lying deadwood. Inventory of natural regeneration (from height of 10 cm and up to DBH 6 cm) implemented on 160 circular plots (radius of 2.52 m, area – 20 m2). Centres of the circular plots were located on geometric scheme – in the corners of a quadrate 25x25 m. Three inventories were done in 2000 (BPF-2000), 2005 (BPF-2005), and 2010 (BPF-2010). The structure of a natural beech forest (20 years without cutting) studied by similar methods in National Parks "Gutzulschyna" (BNF-2012).

**Results**

Primeval beech forests stands of the Ukrainian Carpathians on 10 hectares is uneven and many layered, but on a smaller area (0.25 ha) very variable: diameters of trees change from 6 to 132 cm; diameter distribution is clear decreasing; the number of layers changes from 3 to 5; coefficients of variation for basic parameters change from 7 (for height of trees) to 72 % (for number of natural regeneration). For species composition beech virgin forest is almost pure European beech (*Fagus sylvatica* L. or Beech) stand with a small proportion of Sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) and some trees of Ash (*Fraxinus excelsior* L.), Maple (*Acer platanoides* L.) and Elm (*Ulmus glabra* Huds.). For parameters, it is large dimension stands: the average cross-section square – 42.3 m2/ha; the average diameter – 43.8 cm; the upper height – 44.8 m. However the low number of trees (288 ha-1) and a big part of thin (6-14 cm) trees caused low (as for so big sizes stand) wood volume (630 m3/ha). But the dead wood volume is high (>70 m3/ha) as and the area of the crown (close to 50 m2). Very high is a number of the natural regeneration in beech primeval forests (>25,000 ha-1) and European beech has no more a predominance here – parts of Beech, Sycamore, and Maple practically are the same in a species composition (Table 1, Fig. 1).

Lying deadwood volume is a strong variable parameter of the beech virgin forest, but on each of the 40 plots the deadwood is present: the species composition (%) is 96Beech4Sycamore0Ash; distribution on the degree of decay is between the still fresh deadwood (first degree – 11.8 %), the beginning decay deadwood (second – 17.4), advanced decay deadwood (third – 28.7) and rotten deadwood (fourth – 42.1 %). Although this element is everywhere in the virgin forest, but lying deadwood for example of first degree of decay is present only on 26 from 40 plots and its volume variation is the largest among the four degrees – from 0.0 to 89.2 m3/ha (> 100 %). In our opinion it is because an appearance of a fresh lying deadwood in the virgin forests is a random (casual but native) fact.

Table 1. Basic parameters for 10 hectares of the primeval beech forest in the Ukrainian Carpathians

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Para­meters | Species com­posi­ti­on, % (stand/ natural regenera­tion) | Нdom, m | G, m2/ha | Number of trees per ha | Wood volu­me, m3/ha | Lying dead­wood, m3/ha | Area of the crown, m2 | Natural regene­ration number per ha |
| Mean (M) | 95Beech 2Sycamore 2Ash 1Maple 0Elm  /31Beech 29Sycamore 28Maple 9Ash 3Elm | 44,8 | 42,3 | 288 | 632 | 72,2 | 48,9 | 25,21 |
| Deviation (±m) | 0,42 | 1,17 | 10,8 | 20,8 | 6,4 | 2,82 | 2,88 |
| Variation (v, %) | 7,2 | 17,3 | 23,6 | 20,6 | 56,1 | 36,5 | 72,2 |
| Precision (P, %) | 1,2 | 2,8 | 3,7 | 3,3 | 8,9 | 5,8 | 11,4 |

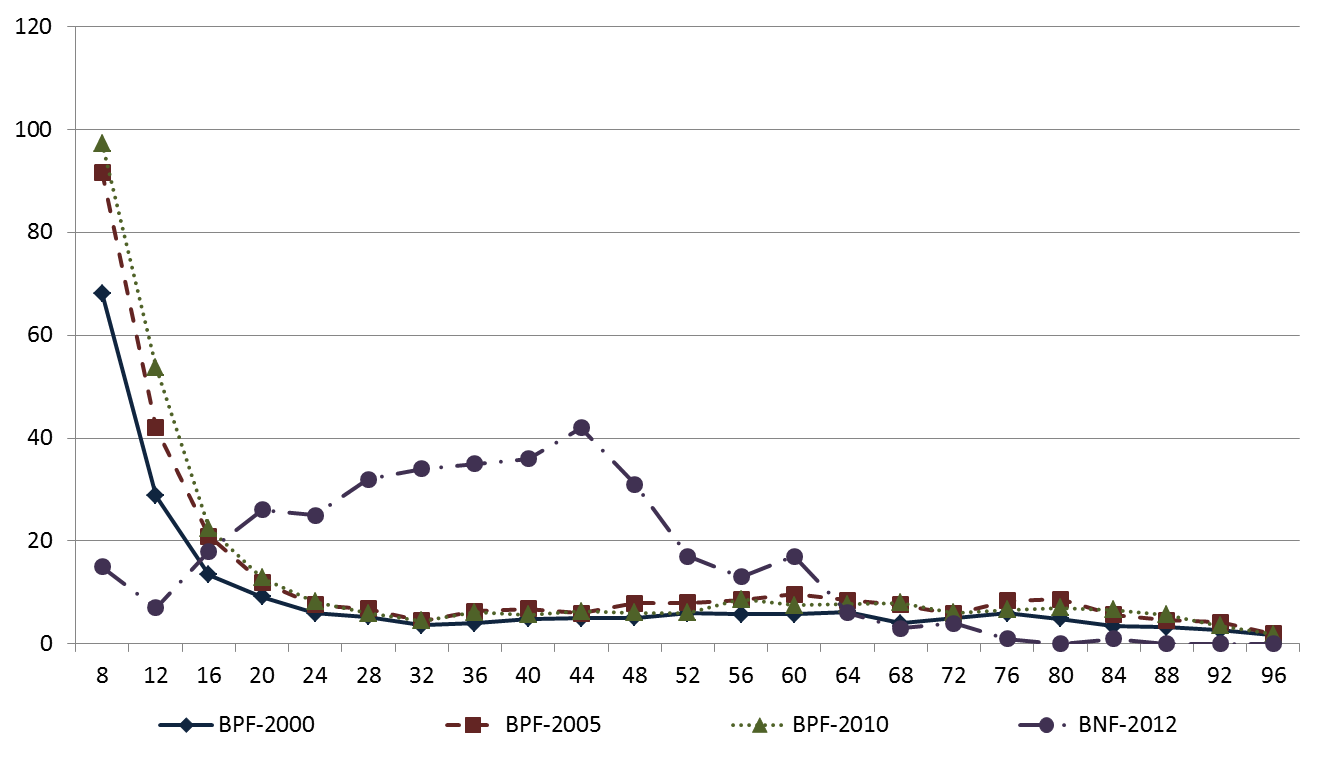


Figure 1 – Dynamics of the diameter distribution (trees/ha) in the primeval beech forest and its comparison with a natural beech forest

In the natural regeneration of beech virgin forest dominated Beech, Sycamore and Maple. Ash representation is considerable too, and Elm is only represented by some trees. We did not find the natural regeneration of Birch (Betula verrucosa Ehrh.) and Cherry (Prunus avium L.) on our plots, although some trees of these species growth in the primeval beech forests (out the plot). Height distribution of the natural regeneration has a decreasing type but not so clear as diameter distribution (Figure 2). Correlation between parameters of the beech virgin forest stand and the surrounding circular plots trees with the number of natural regeneration was calculated according to the trees map. The closest is a direct correlation between the wood volume and number of natural regeneration but this relationship is weak according to the correlation coefficient. Weak inverse correlation between the deadwood volume of third degree of decay and the natural regeneration number identified too. Direct relationship of the tree number with the natural regeneration number is very weak or almost missing. Clear relationships were diagnosed between the natural regeneration number of some species and some height groups with parameters of nearest trees. Clear inverse correlations are between the number of Elm natural regeneration of 10-30 cm height with a distance to 3 nearest trees (r = - 0,940) and between the number of Sycamore seed­lings of more than 300 cm height with a distance to 12 nearest trees (r = - 0,848).



Figure 2. Distribution of the natural regeneration number (ha-1) on height groups (cm)

Annual changes of basic parameters for 10 ha plot were identified in addition to spatial variability of the virgin beech forest. Figure 1 shows that according to the three inventories (BPF-2000, BPF-2005, BPF-2010) the diameter distribution changes during 10 years in the direction of increasing the number of thinner trees. The largest increase (90 %) was observed for diameter groups of 12 and 16 cm with parallel reducing of the thickest trees number (> 100 cm DBH). Diameter distribution of trees in natural beech forest (BNF-2012) is close to normal and its changes are going to form uneven-aged stand. But significant differences with the primeval beech forest are still clear. For example in natural beech forest there are no trees with DBH >88 cm.

Structural mosaic of the primeval beech forest was evaluated on the level of 0.25 hectares. For so small area, the diameter distribution was classified according to data of 40 plots into one of three types:

* decreasing (uneven-aged stand = 4-5 tree layers ) – the number of trees with DBH from 60 to 80 cm does not exceed 10 % from number of trees with 8 cm of DBH;
* transition (nominal uneven-aged stand = 3-4 layers) – this number fluctuates from 10 to 30 %; and
* even (nominal even-aged stand = 2-3 layers) – this number is more than 30% (Figure 3).

Diameter distribution of 15 plots was classified as decreasing type, of 14 – as transition, and of 11 – as even type.

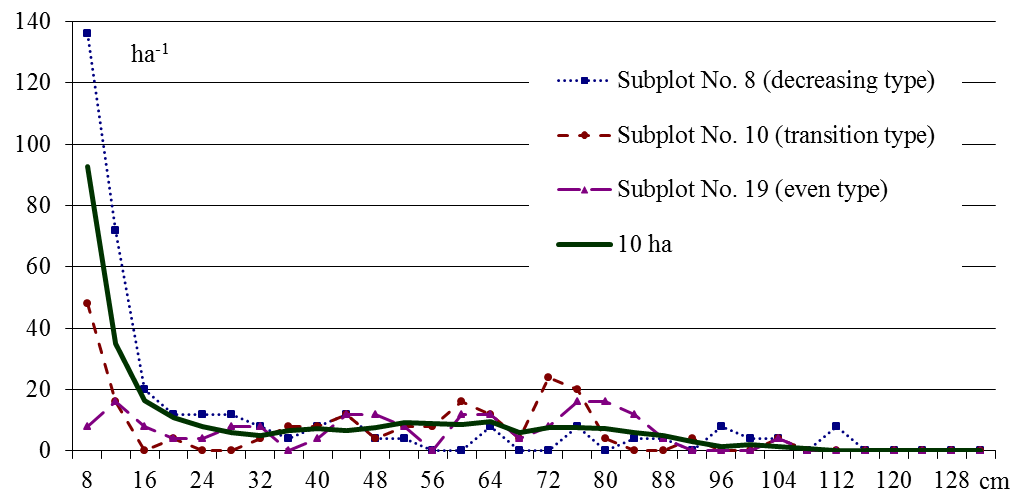


Figure 3. Types of diameter distribution in the primeval beech forest

Last years problems on the mountain forests’ decline in the Ukrainian Carpathians again accented an attention of scientists and foresters on the mechanisms of self-regulation in the forest ecosystems and on the relationship of the structure with stability of the forest stands. Of course, the most stable forest ecosystem in our region is the virgin forest, as it is able to function indefinitely without human intervention. The scientific literature explains the extraordinary stability of virgin forests thanks to their development cycles for big areas and to the presence of different stands on their species composition and structure for small areas (Markiv, Pitikin, 1985; Shparyk, 2001; Shparyk et al., 2010). According to Korpel, 1995 a homogeneous structure in beech virgin forest is present only in small areas (0.5-1.0 ha), but each such area are different because it contains at least two generations of the Beech. So, according to Leibundgut, 1959 a development of virgin forests can be described by development phases (stages), each of which is characterized by a typical structure. However, in the scientific literature there are no clear descriptions of these phases and their number varies from 3 to 7 (Leibundgut, 1959, 1982; Parpan, 1994; Meyer, 1999). According to the our research results and taking into account the practical needs of the regional forestry we identified six stages of primeval beech forests in the Ukrainian Carpathians: new generation; young stand stage; pole stand stage; approaching maturity stand stage; mature stand stage; and destruction stage. Names of stages are chosen according to the Ukrainian age group names, which are released during forest inventory. Type of diameter distribution and the basic parameters of the stand, deadwood and natural regeneration were accepted as the basic criteria for these stages identification (Table 2).

Table 2. Average parameters of the primeval beech forest on development stages

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Parameters | Stand | Lying deadwood | Natural regeneration |
| New generation stage – decreasing type of diameter distribution | | | |
| Species composition, % | **88Beech** 11Sycamore1Ash | **96Beech** 4Sycamore | 34Sycamore21Maple 18Ash17Elm**10Beech** |
| Tree number, /ha | 400 | 150 | 20000 |
| Diameter, cm | 30 | 30 | - |
| Height, m | 29 | - | 1,5 |
| Wood volume, m3/ha | 400 | 120 | - |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Parameters | Stand | Lying deadwood | Natural regeneration |
| Young stand stage – decreasing type of diameter distribution | | | |
| Species composition, % | **95Beech** 5Sycamore | **86Beech** 14Sycamore | **57Beech**22Sycamore 18Maple3Ash |
| Tree number, /ha | 380 | 220 | 30000 |
| Diameter, cm | 35 | 25 | - |
| Height, m | 32 | - | 1,0 |
| Wood volume, m3/ha | 550 | 150 | - |
| Pole stand stage – transition type of diameter distribution | | | |
| Species composition, % | **99Beech** 1Sycamore | **68Beech** 32Sycamore | 61Sycamore27Maple **8Beech**3Ash1Elm |
| Tree number, /ha | 280 | 65 | 79000 |
| Diameter, cm | 45 | 20 | - |
| Height, m | 37 | - | 0,5 |
| Wood volume, m3/ha | 700 | 20 | - |
| Approaching maturity stand stage – transition type of diameter distribution | | | |
| Species composition, % | **100Beech** | **100Beech** | **100Beech** |
| Tree number, /ha | 300 | 120 | 15000 |
| Diameter, cm | 50 | 25 | - |
| Height, m | 39 | - | 1.0 |
| Wood volume, m3/ha | 875 | 60 | - |
| Mature stand stage – even type of diameter distribution | | | |
| Species composition, % | **99Beech** 1Maple | **100Beech** | **88Beech** 12Maple |
| Tree number, /ha | 280 | 230 | 1000 |
| Diameter, cm | 45 | 24 | - |
| Height, m | 37 | - | 1,0 |
| Wood volume, m3/ha | 770 | 130 | - |
| Destruction stage – transition type of diameter distribution | | | |
| Species composition, % | **100Beech** | **100Beech** | **28Beech**31Ash21Maple20Sycamore |
| Tree number, /ha | 210 | 200 | 27000 |
| Diameter, cm | 55 | 20 | - |
| Height, m | 40 | - | 1,0 |
| Wood volume, m3/ha | 720 | 170 | - |

The first (conventionally) stage of succession in the beech virgin forest is a stage of a new generation with clear decreasing type of the diameter distribution and 4-5 tree layers. In the species composition of the stand on this stage the part of Sycamore and Ash is increasing. Number of trees is less on 40% than average and other middle parameters are less too: DBH – on 30%, height – on 20, and wood volume – on 35%. Beech is dominated in the lying deadwood with a middle diameter of 30 cm, and the deadwood volume exceeds the average value on 80%. The number of the natural regeneration is less on 20% than normal and the part of Beech in it is close to 10%.

The species composition on the next development stage (young stand) is close to the average for 10 ha. It is stand with decreasing type of the diameter distribution and 4 tree layers. Stand characteristics (diameter, height and wood volume) improved compared to the previous stage and close to the average values too. The number of trees decreased, but still higher than normal. But the deadwood volume on the young stage is higher than at the new generation stage and more than twice – than average. Parameters of the natural regeneration also improved: the participation of Beech increased from 10 to 60%, and its number – on 50%.

Part of Beech on the next stage (pole stand) even more than at the young stage, and the tree number reduced to the average for 10 ha. It is stand with clear transition type of the diameter distribution and 3-4 tree layers. Other parameters are fast increasing and already exceed means: DBH and height – on 5%; volume – on 10%. Lying deadwood volume is decreased very fast compared with the young stage – on 750%, and it is a minimum for all stages. Natural regenerations number continues to increase and reaches a maximum (80 ths./ha) due to mass appearance of Maple and Sycamore seedlings, but its height is minimal (0.6 m).

Species composition on the approaching maturity stand stage is pure beech. It is stand with transition type of the diameter distribution and 2-3 tree layers. All stand characteristics are higher than their averages: the tree number, middle diameter and height – on 10%; wood volume – on 40%. On this stage the primeval beech forest accumulated the maximal wood volume (close to 900 m3/ha) due to its high cross-sectional square of the stand. Deadwood volume is still quite low, but higher than on the pole stand stage and close to the average for 10 ha. The number of natural regeneration is fast decreased (on 500%) and is less than normal on 40%.

Maple and Sycamore are in the species composition on the mature stand stage at the level of 2-5 percent what is a rare fact for the beech virgin forest, but Beech is predominant anyway. It is stand with even type of the diameter distribution and 2(3) tree layers. Number of trees decreased below an average. Middle diameter, height and wood volume are less than on the previous stage, but they are still higher than means. Volume of the lying deadwood on this stage increased more than twofold, and that means what stand begin to degrade. The number of natural regeneration becomes a minimum for the all stages of virgin forest – 1000 ha-1.

The final (conventionally) stage of the primeval beech forest succession is the destruction stage. It is stand with transition type of the diameter distribution and 2-3 tree layers. We would like to focus that here we are talking about “normal” successions of the stand (without catastrophic changes). Stand characteristics on the destruction stage is still kept at the average level, and the diameter and height even exceed them. Lying deadwood volume reaches a maximum at this stage of course. The number of natural regeneration fast increased compared with previous stage and reached an average, and Beech dominated in the undergrowth.

Annual changes of the primeval beech forest is also important for the identification of an anthropogenic impact – if plots changes are close to natural it means that human activities or disasters did not limit the virgin forest succession. Inventories were done every 5 years and forest changes have found both in the first and second 5 years period. But the intensity and direction of changes within forest parameters differed significantly (Table 3). Cross-section square and species compositions of the beech primeval forests were stable last 10 years (their changes were 0-4%): cross-section area was decreasing; beech part in species composition was practically stable. 10 years fluctuations in diameter, number of trees, beech trees’ vitality and wood volume of the beech primeval forest were 3-11 percent: DBH was decreasing; number of trees was increasing; wood volume was increasing too; beech trees’ vitality was decreasing first 5 years and increasing – next 5. Lying dead wood volume of the beech primeval forest was most changeable parameter these years (suitably 58 and 165%). Diameter distribution was most stable parameter last 10 years, but number of trees for DBH classes 12 and 16 were increasing up to 54 and 36%.

Table 3. Change of the primeval beech forest parameters from 2000 to 2010

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Parameters (average) | Changes during 5 years (±) | | Changes during 10 years (±) | |
| % | Plots number (from 40) with clear changes (>10%) | % | Plots number (from 40) with clear changes (>10%) |
| G, m2/ha | +4 | 4 | 0 | 12 |
| Part of Beech, % | -1 | 2 | -1 | 1 |
| Vitality classes of Beech | -3 | 3 | +7 | 15 |
| D, cm | -8 | 13 | -10 | 16 |
| N / ha | +6 | 11 | +20 | 24 |
| V, m3/ha | +12 | 22 | -13 | 8 |
| Lying deadwood volume, m3/ha | +58 | 34 | +165 | 36 |

**Discussion**

One of the basic questions of the forest management is the size of forest subcompartment. It is especially important to determine the minimum area for the forests which have to develop naturally or be very stable. First of all, we analyzed the changes in the diameter distribution depending on the size of the plot. In the area of ​​0.25 ha, we have identified three types of the diameter distribution which defined the structure of the primeval beech forests stand: decreasing, transition, even. Diversity of the diameter distribution types is decreased on the plots of bigger area: on 1 ha area were found only two types (decreasing and transition); if plot area is higher than 5 hectares were found only decreasing type of diameter distribution (Figure 4). Similar trends are also for the variation of main stands parameters on different areas of the primeval beech forests – if plot area is higher than 5 hectares their coefficients of variation are less than 10% (Figure 5).



Figure 4. Presence of diameter distribution types in the primeval beech forest on different areas of plots

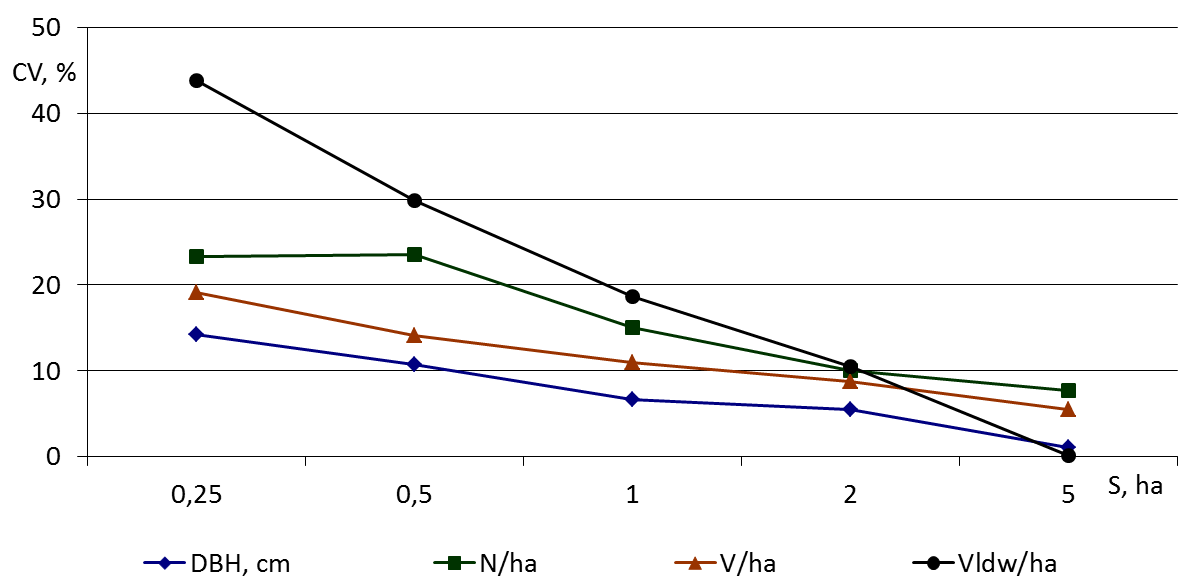


Figure 5. Variation of the primeval beech forest parameters for different areas

So, there are not valid differences between basic parameters (DBH, tree number, wood volume, lying deadwood volume) of the primeval beech forest after area of 5 hectares. Variability of species composition also decreases with the same trend – from 9 to 1 composition. It was concluded that the area of one plot (0.25 ha) is not sufficient for the forest development by natural way because this area can occupy only one development stage. And on the area of 5 hectares beech forest can already have a stable structure because on this area will be all development stages. It means that minimal area of forest subcompartment have to be 5 ha for categories of forests which are managed by natural way. There are 2 such categories in Ukraine (from 4 in a total). And area for the primeval beech forest identification has also to be of 5 hectares.

Another important aspect of a forest management is to form a stable structure of forest stands on different ages. To address this issue, we have developed a scheme of succession for primeval beech forests. Note that all these structural different stands have a high stability. This scheme defines the basic parameters of the primeval beech forest at different stages (Figure 5). It is very close to the next sentence - this scheme defines the basic parameters of the stable beech forest at different ages. Uneven-age level (number of tree layers) has maximum (5) on the new generation stage and minimum (2) on the mature stand stage.

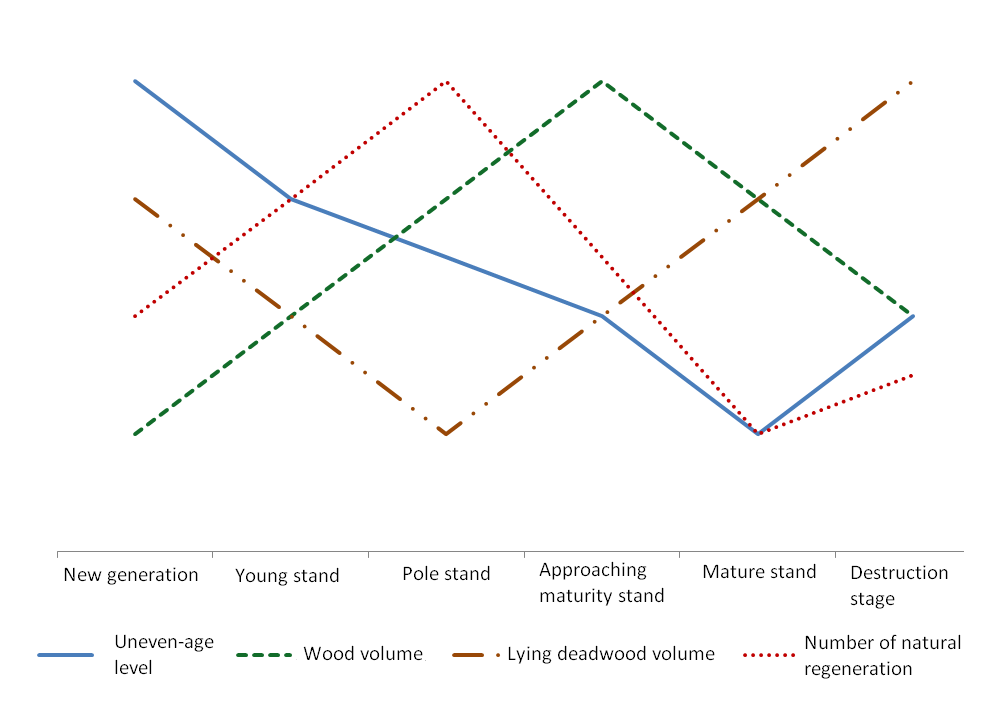


Figure 5. Successions of primeval beech forest according to development stages

Wood volume has maximum on the approaching maturity stand stage and minimum – on the new generation stage. Lying deadwood volume has maximum on the destruction stage and minimum – on the pole stand stage. Number of natural regeneration has maximum on the pole stand stage and minimum – on the mature stand stage.

There are six age groups of forests in legislative documents of Ukraine (for example in instruction for forest taxation). And six identified development stages of primeval beech forests have practically the same names (essences). In our opinion for high stability maintenance the beech forests should have parameters of corresponding development stages of primeval beech forests from Table 2. It is important that main forest parameters define a type of the diameter distribution if human interventions are favourable for the natural development of forests. Therefore, we propose the following types of the diameter distribution for beech forests of different ages (for Ukrainian age groups of forests):

* New generation – decreasing diameter distribution;
* Young stand stage – decreasing diameter distribution;
* Pole stand stage – transition diameter distribution;
* Approaching maturity stand stage – transition diameter distribution;
* Mature stand stage – even diameter distribution;
* Destruction stage – transition diameter distribution.

Natural regeneration is the required and most numerous element of the virgin beech forest. But Beech too successfully regenerates everywhere in Ukrainian Carpathians regardless of forest types or categories of forests and suppresses other (sometimes more useful) species (Shparyk, 2001; Kozak, 2005). Therefore, there is a problem with an introduction the natural regeneration (or artificial saplings) of other species in beech stands. And it is well known that on the species composition of natural regeneration significantly affects the size of the areas where it appears. According to inventory data of the primeval beech forest natural regeneration (160 circle plots, 3 times) were calculated chances (in %) for natural regenerations of main species depending on gap size or number of first layer broken trees (Table 4). Note that middle area of first layer tree crown in the primeval beech forest is close to 100 sq. metres. So, appropriate management of gap sizes in beech forests gives a possibility to form an optimal species composition in the natural regeneration: if we need to form the pure beech stands – gap size should be from 100 to 200 m2; for forming a mixed ( in beech forest types it means – with Sycamore, Maple, Ash, Elm, and Sessile Oak!? (Quercus petraea Liebl.)) forest stand the gap size should be more than 500 m2. Chances for natural regenerations of Elm and Ash strong depend on soil conditions too: Elm mainly growth on stony soils without step slopes; Ash – on steep slopes and on less stony soils.

Table 4. Chances (in %) to appear for natural regenerations of main species in beech forests depending on the gaps size

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Species | 100 m2  (1 tree) | 200 m2 (2 trees) | 300 m2  (3 trees) | 400 m2  (4 trees) | 500 m2  (5 trees) | 1000 m2  (10 trees) |
| Beech | 75 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sycamore | 10 | 20 | 45 | 75 | 100 | 100 |
| Maple | 10 | 10 | 20 | 50 | 70 | 100 |
| Elm | 0 | 10 | 10 | 35 | 80 | 90 |
| Ash | 20 | 25 | 35 | 50 | 65 | 90 |

Lying deadwood is other important element of the primeval beech forests but its exceeding volume is dangerous from the standpoint of the formation of nurseries of pests and diseases. Therefore, for the sustainable forest management is important to optimize the volume of deadwood. In this context, we compared the lying deadwood volume in the beech virgin forest with an annual increment of the wood. Annual wood increment in the primeval beech forest is close to 13 m3/ha according to our calculation. Lying deadwood volume in the primeval beech forest is close to 70 m3/ha (see Table I). It is close to 5 annual wood increments. This parameter has very big variation on plot size 0.25-0.5 ha, but its variability is decreasing very strong from plot size 1 ha (Figure 6). It was concluded that for biodiversity maintenance of beech forests (especially reserved and protection forests) their lying deadwood volume have to be from 4 to 6 annual wood increments. So, if the lying deadwood volumes of some beech forest are less than 4 or more than 6 annual wood increments it means that this forest development is not natural. Lack of the lying deadwood means intensive management of this forest, and exceeding volume – stand degradation under the impact of external factors (climatic, anthropogenic, environmental, etc.).



Figure 6. Variation of the lying deadwood volume for different areas

Finally we would like to note that primeval forests of Ugolka-Shyrokyj Lug massif are mainly pure beech because other main species have no chances to growth together with Beech so many years in the normal soil conditions. The whole succession cycle of the primeval beech forests goes close to 400 years (Shparyk et al., 2010) and other main species can not compete with Beech so long time and dry up earlier. Exceptions are possible only in the anomalous conditions: very steep slopes, very stone soils, soils without stones, etc.

**Conclusions**

Beech virgin forest of the Ukrainian Carpathians is uneven-aged stands and its basis forms by the beech trees with a diameter of 80-120 cm and a height of 40-50 m. However, the low number of trees (280-320 ha-1) and a high percentage of thin trees in the stand determined a low level of the cross-section square (42-44 m2/ha) and of the wood volume (630-720 m3/ha). Average (for 10 ha) volume of the lying deadwood (72 m3/ha) and the natural regeneration number (25 ths./ha) are high. On the plot area of 0.25 ha the primeval beech forest has the tree layer number from 3 to 5, and a coefficient of the main parameters variation – from 7 (height of trees) to 72 % (number of a natural regeneration). According to the type of diameter distribution and to the parameters of the stand, natural regeneration and lying deadwood were identified six development stages of the beech primeval forest: new generation; young stand; pole stand; approaching maturity stand; mature stand; destruction. Area of an ​​identification of these stages is 0.1-0.5 ha because were identified three types of diameter distribution for such areas: decreasing, transition, even. Variability of the main virgin forest parameters decreases below 10% if the area of ​​the plot exceeds 5 hectares. Thus, the minimum area for the primeval beech forests identification has to be 5 hectares. Variability of the primeval beech forest parameters from 2000 to 2010 decreases as follow: Beech part in a species composition; cross-section square; Beech vitality (IUFRO class); DBH; number of trees; standing wood volume; lying deadwood volume.

For practical implementation, we proposed next points:

* A minimal area of the forest subcompartment size has to be 5 ha for forests which are managed by natural way (Natural Reserves and Protection Forests). Its actual minimal area is 1 (one) ha in Ukraine.
* Gap management gives a possibility to change the species composition of the natural regeneration in beech forest types: for the pure beech compositions the gap size should be from 100 to 200m2 (or from 1 to 2 of main layer trees); for forming a mixed composition the gap size should be >500m2 (> 5 trees).
* For achievement a maximum stability of beech forests is proposed their diameter distribution leads in accordance to the diameter distribution of the primeval beech forests on the corresponding development stages: for two young age groups of forests (new generation and young stand stages) – decreasing type of the diameter distribution; for middle-aged and approaching maturity age groups of forests (pole stand and approaching maturity stand stages) – transition; for the mature age group of forests (mature stand stage) – even; for over mature age group of forests (destruction stage) – transition type of the diameter distribution. There are proposed optimal parameters of the beech stand, lying deadwood and natural regeneration too.
* For biodiversity maintenance of beech forests their lying deadwood volume has to be from 4 to 6 of annual wood increments.

**Acknowledgements**

This research was co-financed by the Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape within three joint research projects. The authors thank a lot of collaborators from Ukrainian Research Institute for Mountain Forestry and from Carpathian Biosphere Reserve for their help in field inventories and in data analyses.The authors thank many reviewers for their remarks and proposals. They are grateful to B. Commarmot for her fundamental help in methods of inventories and in the data interpretation and for her logistical support.

**References**

Commarmot B. , Bachofen H., Bundziak Y., Buergi A., Ramp B., Shparyk Y., Sukhariuk D., Viter R., Zingg А. 2005. Structures of vіrgіn and managed forests іn Ugolka (Ukraіne) and Sіhl­wald (Swіtzerland): a comparatіve study. Forest, Snow and Landscape Research, V. 79, No. 1/2: 45-56.

Commarmot B., Brändli U.-B., Hamor F., lavnyy V. (eds), 2013. Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe. A Swiss-Ukrainian Scientific Adventure. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL; L’viv, Ukrainian National Forestry University; Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve. 69 pp.

Hamor F., Dovhanych Y., Pokynchereda V., Sukharyuk D., Bundzyak Y., Berkela Y., Voloshchuk M., Hodovanets’ B., Kabal M. 2008. Virgin forests of Transcarpathia. Inventory and management. Carpathian Biosphere Reserve, Royal Dutch Society for Nature Conservation. Rakhiv. 79 pp.

Korpel S. 1995. Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart, Jena, New York: Gustav Fischer. 310 pp.

Kozak I., Menshutkin V., Parpan V., Shparyk Y., Parpan T., Viter R., Kozak O., Senko Z. 2005. Computer simulations of natural beech forests dynamics in the Boberka river basin in the Ukrainian Beskids. In Proc. “Natural forest in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation”. Mukachevo: 121-129.

Leibundgut H. 1959. Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. Schweiz. Z. Forstwes. 110(3): 111-124.

Leibundgut H. 1982. Europäische Urwälder der Bergstufe, dargestellt für Forstleute, Naturwissenschaftler und Freunde des Waldes. Bern und Stuttgart, Haupt. 308 S.

Markiv P.D., Pitikin O.I. 1985. Vosstanovitel’no-vozrastnaya dinamika elovo-bukovo-pikhtovukh lesov Ukrains’kikh Karpat. Lesovedenie. No. 6: 44-49.

Meyer P. 1999. Bestimmung der Waldentwicklungsphasen und der Texturdiversität in Naturwäldern. Allg. Forst- Jagdztg. 170(10-11): 203-211.

Parpan V.I. 1994. Struktura, dynamika, ekologichni osnovy ratsional’nogo vykorystannya bukovykh lisiv Karpats’kogo regiony Ukrainy. Dnipropetrovs’k. 44 pp.

Parpan V.I., Shparyk Y.S., Parpan T.V. 2005. Virgin and natural forest in Ukraine: state, diversity and protection. In Proc. “Natural forest in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation” (Mu­ka­chevo, Ukraine, 2003). Birmensdorf: WSL. pp. 21-29.

Shparyk Y.S. 2001. Minlyvist’ struktury bukovogo pralisu Ukrains’kikh Karpat. Naukovyj visnyk NAU, No.39, Forestry: 268-277.

Shparyk Y.S., Commarmot B., Berkela Y.Y. 2010. Struktura bukovogo pralisu Ukrains’kykh Karpat. Snyatyn: Prutprynt. 143 pp.

Stojko S.M. 1977. Karpatam zelenity vichno. Uzhgorod: Karpaty. 173 pp.

**СТРУКТУРА, РІЗНОМАНІТТЯ І ДИНАМІКА БУКОВИХ (*Fagus sylvatica* L.) ПРАЛІСІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ В СТАЛОМУ ЛІСОКОРИСТУВАННІ**

ЮРІЙ СТЕПАНОВИЧ ШПАРИК1, ЮРІЙ ЮРІЙОВИЧ БЕРКЕЛА2, ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ ПАВЛЮК3

Структура, різноманітність і динаміка букових пралісів Українських Карпат проаналізовані за результатами трьох інвентаризацій (в 2000, 2005 і 2010 роках) деревостану, природного відновлення та мертвої деревини на 10-ти гектарній ділянці. Ця ділянка розташована в Угольсько-Широко­лужанському масиві Карпатського біосферного заповідника і є найбільшим масивом букових пралісів в Європі. Місцеві букові праліси в основному є чистими (> 95% бука за запасом), різновікові (спадний розподіл дерев за діаметром), багатоярусні (3-5 ярусів) з нерівномірним розподілом лежачої мертвої деревини (72 м3/га в середньому) і успішним природним відновлен­ням (25 тис. шт./га в середньому). Перший ярус пралісу, утворюють дерева з діаметром від 80 до 120 см і висотою 40-50 м. За структурою пралісу на ділянках 0,25-0,50 га виділено шість стадій його розвитку: нового покоління; молодняку; жердняку; пристигання; стиглості; розпаду. Чітких відмінностей між масивами букового пралісу немає, якщо його площа становить 5 га і більше. Частка бука в породному складі і площа поперечного перерізу були найбільш стабільними показниками букового пралісу за останні 10 років, а запас деревини і запас мертвої деревини – найбільш мінливими.

Запропоновані наступні рекомендації для практичної реалізації:

- мінімальна площа лісових ділянок повинна бути не менше 5 га в лісах не експлуатаційних категорій;

- управління площею прогалин дає можливість змінювати видовий склад природного відновлення в букових типах лісу: для чисто букового складу площ прогалини в наметі має бути від 100 до 200 м2 (або від 1 до 2 дерев основних ярусу); для формування змішаного складу прогалина повинна бути> 500 м2 (> 5 дерев);

- для досягнення максимальної стабільності букових лісів пропонується їх розподіл дерев за діаметром приводити у відповідність до розподілу дерев за діаметром букових пралісів на відповідних стадіях розвитку (вікових групах);

- для підтримки біорізноманіття букових лісів їх запас мертвої деревини повинен бути від 4 до 6 річних приростів.

**СТРУКТУРА, РАЗНООБРАЗИЕ И ДИНАМИКА БУКОВОГО (*Fagus sylvatica* L.) ПРАЛЕСА УКРАИНСКИХ КАРПАТ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В УСТОЙЧИВОМ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИИ**

ЮРИЙ СТЕПАНОВИЧ ШПАРЫК1, ЮРИЙ ЮРЬЕВИЧ БЕРКЕЛА2, ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ ПАВЛЮК3

Структура, разнообразие и динамика буковых пралесов Украинских Карпат проанализированы по результатам трёх инвентаризаций (в 2000, 2005 и 2010 годах) древостоя, естественного возобновления и мёртвой древесины на 10-ти гектарной участке. Этот участок расположен в Угольско-Широколу­жанском массиве Карпатского биосферного заповедника и есть крупнейшим массивом буковых лесов в Европе. Местные буковые пралесы в основном являются чистыми (> 95% бука по запасу), разновозрастные (нисходящий тип распределение деревьев по диаметру), многоярусные (3-5 ярусов) с неравномерным распределением лежащей мёртвой древесины (72 м3/га в среднем) и успешным естественным возобновлением (25 тыс. шт./га в среднем). Первый ярус пралеса образуют деревья диаметром от 80 до 120 см и высотой 40-50 м. По структуре первобытного леса на участках 0,25-0,50 га выделено шесть стадий его развития: нового поколения; молодняка; жердняка; приспевання; спелости; распада. Чётких различий между массивами буковых лесов нет если его площадь составляет 5 га и более. Доля бука в породном составе и площадь поперечного сечения были наиболее стабильными показателями буковых лесов за последние 10 лет, а запас древесины и запас мёртвой древесины - наиболее изменчивыми.

Предложены следующие рекомендации для практической реализации:

- минимальная площадь лесных участков должна быть не менее 5 га в лесах не эксплуатационных категорий

- управление площадью просветов (окон) в основном ярусе даёт возможность изменять видовой состав естественного возобновления в буковых типах леса: для чисто букового состава площадь окон должна быть от 100 до 200 м2 (или от 1 до 2 деревьев основного яруса), а для формиро­вания смешанного состава пробел – больше 500 м2 (>5 деревьев)

- для достижения максимальной стабильности буковых лесов предлагается их распределение деревьев по диаметру приводить в соответствие с распределением деревьев по диаметру буковых пралесов на соответствующих стадиях развития (возрастных группах)

- для поддержания биоразнообразия буковых лесов их запас мёртвой древесины должен быть от 4 до 6 годичных приростов.

*1 – Faculty of Forestry, Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, 57 Shevchenko str., 76018, yuriy.shparyk@pu.if.ua;*

*2 – Carpathian Biosphere Reserve, Rakhiv, yuriy.berkela@gmail.com;*

*3 – Faculty of Forestry, National Forestry and Woodworking University, Lviv, 103 Generala Chuprynky str.,* *79057, pavluk@lviv.farlep.net.*

**УДК 630\*116+630\*22+630\*42 ст. наук. співроб. Ю.С. Шпарик, канд. с.-г. наук;**

**ХАРАКТЕРИСТИКИ СТІЙКОСТІ ЛІСІВ ТА МЕТОДИКА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ**

За матеріалами 3-х інвентаризацій букового пралісу Карпат встановлено можливість та доцільність застосування 6-ти класів IUFRO для оцінки стійкості та довговічності лісів. Сталість їх значень в пралісі дала підставу рекомендува­ти моделі розподілу дерев за цими класами, які дозволять визначити напрямки модифікації структури букових лісів з метою забезпечення її сталості.

**Ключові слова:** ярусність, життєвість, домінування, лісівнича цінність, товарність, довжина крони, класи IUFRO.

Стан і структура лісів в значній мірі визначають їх продуктивність, тобто ефективність ведення лісового господарства, і тому саме оцінка цих двох параметрів дає підставу оцінити правильність лісівничих заходів в кожному конкретному випадку [1-2]. Існує чимало параметрів, які характеризують особли­во­сті будови деревостанів та наявність в них різних патогенних змін. З одного боку це таксаційні, а з іншого – ентомологічні і фітопатологічні показники. Вони можуть відноситися, як до окремого дерева, так і до цілого деревостану чи лісової екосистеми [3-5]. Однак, їх вузька спеціалізація в більшості не дозволяє дати комплексну характеристику деревостану, а лише вказує на значення його окремого параметру. Також, для визначення таких спеціалізованих показників переважно потрібні спеціальні дослідження, які мають проводити відповідні фахівці. Для вирішення проблеми оперативного оцінювання стану і структури лісів на постійних дослідних об’єктах (ПДО) не залежно від їх віку, породного складу чи цілей досліджень світова спільнота лісознавців розробила систему оцінки кожного дерева за шістьма класами, які відомі під назвою «класи ІЮФРО». ІЮФРО означає «Міжнародна спілка лісових дослідних організацій» з латинською абревіатурою IUFRO [6]. Науков­ці УкрНДІгірліс мають досвід застосування цих класів з 1998 року [7-8].

**Методика досліджень**. Об’єктом досліджень була постійна пробна площа в буковому пралісі Угольського відділення Карпатського біосферного заповідника розміром 10 га, закладена в 1999 році і обстежена в 2005 та 2010 роках. Методи інвентаризації прийняті за рекомендаціями IUFRO. Діаметри на висоті 1,3 м заміряли мірною вилкою в двох напрямках з точністю до міліметра, діаметри на висоті 7 м – відповідною мірною вилкою до сантиметра, дов­жини – мірною стрічкою до дециметра за горизонтальною проекцією, горизонтальні кути і крутизну схилів – теодолітом до градієнта, висоти дерев – висотоміром SOUNTO до дециметра. Для живих дерев визначали 6 класів ІЮФРО [7].

Перший клас ІЮФРО дозволив оцінити ярусність, скорочено називається «клас висоти» і розподіляє дерева на верхній (позначався цифрою 1), середній (2) та нижній (3) яруси, висота яких відповідно складає: для верхнього ярусу – більше 2/3 Hdom деревостану, для середнього – від 1/3 до 2/3 і для нижнього – менше 1/3 Hdom. Hdom – це «домінантна висота» або «верхня висота», яка визначається як середня висота 100 найвищих дерев. Визначення цього класу проводилося зі співвідношення висоти дерева та верхньої висоти деревостану.

Другий клас ІЮФРО дозволив оцінити життєвість дерев та успішність росту (приріст), скорочено називається «клас життєвості» і визначався за величиною приросту у висоту: 1 – приріст більше середнього (ду­же сильна життєвість); 2 – середній приріст (добра життє­вість); 3 – приріст менше середнього (погана життє­вість). Значення класу визначалося і за зовнішнім виглядом дерева: дерево з пишною кроною і високим для цих умов приростом – ду­же сильна життєвість; дерево здорове, без ознак пригнічення – добра; дерево, яке має пригнічений вигляд і поганий ріст у висоту – погана життє­вість.

Третій клас ІЮФРО дозволив оцінити положення дерев, їх перспективи на майбутнє і довговічність, скорочено називається «динамічний» і в значній мірі аналогічний класу Крафта: 1 – предомінантні дерева; 2 – спів­домі­нантні; 3 – підлеглі дерева. Однак, за рекоменда­ція­ми ІЮФРО цей клас визначається в межах кожного ярусу: дерево з висо­кими для цього ярусу висотою і діаметром та з пишною кроною відповідало значенню 1; дерево з середніми показни­ками приросту і з нормальною кроною – 2; дерево з нижчими за середні показниками приросту та з пригніченою кроною – значення 3.

Четвертий клас ІЮФРО дозволив оцінити лісівничу доцільність вирощу­вання дерев, скорочено називається «лісівничий» і визначався за комплексом показників, основні з яких це порода, положення і стан: елітні або «плюсові» дерева позначалися цифрою 4, корисні вторинні – 5, не корисні вторинні дерева – цифрою 6. Обов’язковим було врахування типу лісу (корінних порід). Елітні або «плюсові» – це високопродуктивні стовбури, які в перспективі будуть формувати «скелет» деревостану і забезпе­чувати його стійкість, продуктивність та відновну здатність. Корисні вторин­ні – це стовбури, які сприяють росту елітних дерев, е не корисні – які перешкоджають або не сприяють росту елітних де­рев, тобто їх присутність погіршує умови росту елітних дерев.

П’ятий клас ІЮФРО дозволив оцінити товарність, скорочено називається «клас товарності» і визначався за якістю нижніх 5-ти метрів стовбура: дерево зі стовбуром без видимих вад деревини і придатне для найцінніших сортиментів (ділове) відповідало значенню 4; дерево зі стовбуром без суттєвих вад деревини і придатне для окремих сортиментів (півділове) – 5; дерево, яке має суттєві вади деревини і придатне лише для гірших сортиментів (дров’яне) – значення 6.

Шостий клас ІЮФРО дозволив оцінити стійкість дерева, скорочено нази­ва­ється «клас довжини крони» і визначався за відносною довжиною крони: 4 – довга крона (більше половини висоти дерева); 5 – середня (більше четвертини, але менше половини); 6 – коротка (менше четвертини). Визначався цей показник інструментально або за допомогою спеціальної шкали. Межі крони визначалися за крайніми у тому чи іншому напрямку живими листками, гілками чи хвоєю. Нижня межа крони ідентифікувалася за самою нижньою живою гілкою, нижче якої на відстані 1 м вже не було інших живих гілок. Розриви в середній частині крони могли мати і більші за 1 м прогалини, і хоча вони не входили в площу крони, зате входили в її довжину.

**Результати та обговорення.** На 10 га пробної площі було обліковано біля трьох тисяч живих (біля 300 дерев на 1 га) та майже 500 сухостійних дерев в розрізі 40 ділянок (50 на 50 м кожна). За отриманими результатами половина дерев букових пралісів знаходиться в 3 ярусі, а третина – в першому (рис. 1). На думку більшості вчених такий розподіл за ярусами забезпечує максимальну стійкість пралісу, оскільки дерева з нижнього ярусу завжди готові зайняти прогалину у верхньому, якщо вона утвориться. Висока варіація значень для верхнього ярусу свідчить про значну мінливість структури пралісу.



А) за класом висоти; Б) за класом життєвості

Рис. 1. Розподіл дерев букового пралісу за 1 і 2 класами ІЮФРО

Більше 20 відсотків дерев в буковому пралісі характеризуються сильною життєвістю (рис. 1) і не мають видимих фізіологіч­них пошкоджень. Це пере­важно дерева першого класу Крафту і в пралісі їх в два рази більше за одно­вікові деревостани. Відмітимо низький відсоток пригнічених дерев – на рівні 10-15%. Високий відсоток здорових та сильної життєвості дерев пояснюється складною просторовою структурою пралісу, яка забезпечує доступ сонячного світла до дерев всіх ярусів. На окремих ділянках кількість сильної життєвості та пригнічених дерев сильно змінюється (до 40%), на відміну від здорових.

Майже третина дерев букового пралісу віднесено до предомінантних, як вже згадувалося вище – в розрізі ярусів. Тобто, в усіх ярусах третина дерев займають панівне положення над іншими деревами. Аналогічно половина дерев є співдомінантними і тільки шоста частина – підчинені (рис. 2). Особливо вели­ка мінливість у кількості підчинених дерев (54% варіації). Якщо взяти до уваги розподіл дерев за класом життєвості, то стає зрозуміло, що не всі предомінантні дерева мають сильну життєвість. Зроблено висновок, що в буковому пралісі є багато дерев, які мають значні розміри, але через відсутність простору для росту вони вже не ростуть так інтенсивно і їх стан погіршується.

Четвертина дерев букового пралісу віднесено до елітних, тобто до дерев, які в перспективі будуть формувати основу деревостану (рис. 2). Відмітимо близькість відсотків дерев елітних та сильної життєвості і в більшості випадків це ті ж самі дерева. Майже 2/3 дерев віднесено до корисних (сприяють росту елітних дерев) і менше 10 відсотків – до не корисних. Найменш мінливою є кількість корисних дерев (варіація 17%), значно більші коливання у кількості елітних та не корисних дерев – 45 та 56% варіації. При цьому, не корисних дерев на окремих ділянках взагалі немає?! Це може бути наслідком гострої конкуренції в умовах пралісу і тому такі дерева засихають дуже швидко.



А) за класом домінування; Б) за класом лісівничої цінності

Рис. 2. Розподіл дерев букового пралісу за 3 і 4 класами ІЮФРО

За товарністю в буковому пралісі тільки п’ята частина дерев бездоганні і хоча це порівняно з експлуатаційними лісами низька частка ділових стовбурів, але слід враховувати, що в пралісі не проводять рубок догляду і дерева падають практично щорічно. Частки півділових та дров’яних стовбурів в пралісі майже однакові – біля 40% (рис. 3). Найбільш мінливим є показник кількості ділових дерев – від 2 до 43%. Відмітимо високий відсоток дров’яних стовбурів з дуплами, хворобами та шкідниками, що характерно для пралісу.

Більше половини дерев у буковому пралісі мають довгу крону, що свідчить про доступність фотосинтетично активної сонячної радіації для дерев всіх ярусів, тобто про наявність прогалин в основному наметі деревостану, що також є характерною особливістю пралісів (рис. 3). Мінливість частки дерев з короткою кроною найбільша – 41% варіації, тоді як для дерев з довгою та середньою кронами вона складає біля 25%.



А) за класом товарності; Б) за класом довжини крони

Рис. 3. Розподіл дерев букового пралісу за 5 і 6 класами ІЮФРО

Характеристики стійкості букового пралісу за останні 10 років зміню­ються дуже слабо (рис. 4). Фактично тільки ярусність в цей період має чітку тенденцію до зростання, хоча і в незначних межах (від 2,2 до 2,4). Коливання середніх значень інших класів ІЮФРО не мають чітких закономірностей і амплітуда цих коливань не перевищує 0,3 (10%). Це ще раз підтверджує високу стабільність структури пралісу і дає підставу говорити про модельні параметри стійкого і довговічного букового деревостану. В цілому, результати аплікації 6 класів ІЮФРО для вивчення структури букового пралісу засвідчили високу їх цінність для розуміння і кількісної оцінки стійкості лісів. Іншим результатом досліджень стала власне кількісна ідентифікація класів ІЮФРО в пралісі.



Рис. 4. Динаміка класів ІЮФРО букового пралісу з 2000 до 2010 року

**Висновки.** Стаціонарні дослідження букового пралісу напродовж 10 років дали підставу говорити про оптимальні значення класів ІЮФРО для забезпечення сталого функціонування природних бучин. Так, за класом «висо­ти» можна оцінити складність структури деревостану і оптимальний розподіл дерев за верхнім, середнім та нижнім ярусами для бучини складає 35:15:50% відповідно, а середнє його значення – 2,3. Модель розподілу дерев за життє­вістю наступна: 20% – сильна, 65 – нормальна, 15% – низька, а середній клас – 2,0. За положенням оптимальний розподіл для бучин такий: предомінанти – 35%, спів­домінанти – 50, підчинені – 15%, середній клас – 1,9. За лісівничою цінністю дерева в стійкій бучині повинні розподілятися так: елітні – 25%, корисні – 65, не корисні – 10%, середній клас – 4,9. Модель розподілу дерев за товарністю: 20% – ділові, 45 – півділові, 35% – дров’яні стовбури, а середній клас – 5,2. Модель розподілу дерев за довжиною крони в стійкій бучині: 55% – довга крона, 25 – середня, 20% – коротка, а середній клас – 4,7.

Класи ІЮФРО є універсальними шкалами для оцінки параметрів стійкості та довговічності лісів не залежно від типу лісу чи типу деревостану і рекомендуються для проведення відповідних наукових досліджень.

**Література**

1. **Погребняк П.С.** Общее лесоводство. – М.: Изд-во с.х. литературы, 1963. – 398 с.
2. **Генсірук С.А.** Ліси України – Київ: Наук. думка, 1992. – 408 с.
3. **Анучин Н.П.** Лесная таксация – М.: Лесн. Пром-сть, 1982. – 552 с.
4. **Шевченко С.В.** Лесная фитопатология. – Львов: Вища школа, 1978. – 320 с.
5. **Падій М.М.** Лісова ентомологія. – К.: УСГА, 1993. – 352 с.
6. **IUFRO** – The Global Network for Forest Science Cooperation / Електронний ресурс. – Режим до доступу до джерела: <http://www.iufro.org/>
7. **Шпарик Ю.С.**, Б. Коммармот, Беркела Ю.Ю. Структура букового пралісу Українських Карпат. – Снятин: Прутпринт, 2010. – 143 с.
8. **B. Commarmot**, Y. Shparyk, V. Chumak, P. Duelli, N. Kuffer, P. Lovas (2007) Virgin Beech Forests as Reference Habitats for Nature Conservation: Results of Research in the Ukrainian Carpathians // Natur und Landschaft. Zeitschrift fur Naturschutz und Landschaftspflege, No. 9/10, 2007. – P. 398-400

***Шпарык Ю.С. Характеристики устойчивости лесов и методика их определения***

По материалам 3-х инвентаризаций букового пралеса Карпат установлена ​​возможность и целесообразность применения 6-ти классов IUFRO для оценки устойчивости и долговечности лесов. Постоянство их значений в буковом пралесе дало основание рекомендовать модели распределения деревьев по этим классам, которые позволят определить направления модификации структуры буковых лесов с целью обеспечения их устойчивости.

**Ключевые слова:** ярусность, жизненность, доминирование, лесоводческая ценность, товарность, длина кроны, классы IUFRO.

***Shparyk Y.S. Characteristics of forests’ stability and method for their identification***

According to the 10 years results of the beech virgin forests inventory in Carpathians is recommended the IUFRO classes for the forest stability estimation. Stable parameters of the beech virgin forest were a reason for providing a model of the tree distribution within these classes that will determine the direction of beech forest structure modification to ensure of its stability.

**Keywords:** storeyed structure, vitality, domination, silvicultural value, wood quality, crown length, IUFRO classes.

УДК 630\*182.59

к. с.-г.н. Ю.С. Шпарик, УкрНДІгірліс

# **МОНІТОРИНГ ЛІСІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ**

## Вступ

Проблеми погіршення стану лісів є постійно в полі зору Європейської спіль­ноти на протязі останніх 30-ти років [1-3]. Як результат такого інтересу, в 1985 році була прийнята Міжнародна Спільна Програма з Оцінки та Моні­торингу Впливу Повітряного Забруднення на Ліси ("ІСР Forest"), а в 1986 -Програма Європейського Союзу з Захисту Лісів від Атмосферного Забруднення [4,5]. В 34 європейських країнах такі зміни досліджувалися за допомогою моніто­рингу лісів на мережі постійних об'єктів І і ІІ рівнів. На даний час мережа І рівня (в кутах квадратів 16 на 16 км) складається більш ніж з 5700 пунктів постійного спостереження по всій Європі. У звіті "Десять Років Моніторингу Лісів Європи" зроблено висновок, що стан лісів головним чином залежить від місцезнаходження, умов місцезростання і стану довкілля лісових земель [6]. В цьому відношенні, результати моніторингу лісів в Українських Карпатах можуть бути цікавими для широкої громадськості та науковців.

Лабораторія екології Українського науково - дослідного інституту гірсь­кого лісівництва здійснює моніторинг лісів в регіоні Українських Карпат за про­грамою "ІСР Forest", починаючи з 1989 року. До 1995 року закінчено фор­му­­вання мережі проб І рівня і апробацію методик [7].

### Регіон і методики

Наразі лабораторія екології УкрНДІгірліс має сформовані три рівні моні­торингу лісів на території п'яти південно - західних областей України. Перший рівень включає 90 регіо­нальних постійних пунктів спостереження (ППС) і 58 ППС - локальних мереж. Комплексні еколого-лісівничі дослідження на мережі другого рівня моніторин­гу, яка представлена 14 постійними пробами в природ­них (мало­пору­шених) лісах регіону, ведуться з 1964 р. На об'єктах моніторингу третього рівня (6 шт.) досліджуються об'єми випадінь токсикантів з атмосфери.

Всі об'єкти моніторингу були закладені відповідно до методики програми "ІСР Forest" [4]: на території ППС 24 дерева було пронумеровано - по 6 дерев на 4 площадках. Працівники УкрНДІгірліс проводили щорічні обстеження цих об'єктів відповідно до методики цієї ж програми. Клас пошкодження лісів виз­на­чено за значеннями класів дефоліації та дехромації і в значній мірі він відпо­відає класу дефоліації. Пошкодження лісів ентомошкідниками розрахо­ва­не як середня величина цього виду пошкоджень для кожного ППС. Зразки для хіміч­ного аналізу відбиралися і аналізувалися відповідно до методики моніторингу другого рівня [8]. Зразки грунту взято з верхнього (0-10 см) шару. Карти стану лісів зроблені на основі середніх багаторічних значень стану лісів у форматі програми "Маріnfow". Об'єми викидів оцінені за даними державної статистики.

## Результати і обговорення

Основними рузультатами моніторингу лісів І рівня є карти регіону Ук­раїн­ських Карпат за вивченими параметрами: плодоношення, кількістю сухих сучків, віком хвої, дефоліацією, дехромацією, наявністю фітопатогенів і енто­мо­шкідників та кількістю мехпошкоджень. Огляд всіх карт дати в одній публі­кації неможливо через великий об´єм інформації. Тому, зупинимося на основ­них показниках екологічного стану лісів: дефоліація – процент втрат об´єму (кількості) фотосинтезуючого апарату дерев, дехромація – процент фотосин­тезу­­ючого апарату дерев зі зміненим забарвленням. Перший показник харак­тери­зує величину негативного впливу на ліс, а другий – вид такого впливу. Картування свідчить: найвищий рівень дефоліації лісів (> 30%) зафіксований в промислових районах Івано-Франківської та в посушливих - Чернівцької областей, а також - у високогірних лісах (рис. 1). Така закономір­ність зберіга­ється і щодо інших показників пошкодження (вік хвої, наяв­ність лишайників, поширення ентомошкідників та фітопошкоджень): най­гірший стан дібров Придністров'я та інших лісів навколо великих джерел за­бруд­нення атмосфери; кращі характеристики стану високогірних деревостанів ялини та сосняків Малого Полісся, однак тут відмічено велику їх мозаїчність. Причини цього, на нашу думку, є: в Чернівецькій області і у високогірних лісах - погані лісо­рослинні умови, в Івано-Франківській області - ще і сильний антропогенний вплив (токсичні викиди, самовільні руб­ки, рекреація). Най­кращим у регіоні є стан мішаних ялицево-ялиново-букових та чистих буко­вих лісів Карпат. Дехро­мація має більш вирівняні показники в усьому регіоні а її середні значення свідчать, що антропогенний вплив не лімітує тут ріст лісів (рис. 1).

Однак, в розрізі окремих деревних видів параметри пошкоджень можуть суттєво змінюються за роками і регіонами (рис. 2). Так, в 1992-93 роках стан букових, ялинових та інших лісів Карпат був практично на одному рівні, а за величиною дехромації шпилькові породи навіть мали кращі показники, ніж бук. Для дібров найкращі характеристики стану були відмічені в 1994 році - на рівні показників ялини в цей період. А в 1998 році дехромація ялинових лісів була навіть вища, ніж дубових. Зміни класу пошкодження в дубових і ялинових лісах мають значний розмах коливання показників стану з тенденцією до погіршення за весь період. Між тим, стан букових лісів стабільний, а починаючи з 1995 року має тренд до покращення. Процент пошкоджених ентомошкідниками дерев має подібні тенденції в розрізі видів, але його варіабельність вже значно вища. Сформована в УкрНДІгірліс за даними моніторингу лісів комп'ютерна геоінформаційна система у форматі програми "Маріnfow" дає можливість, на основі щорічного картування окремих показників стану, приймати рішення щодо необхідності проведення певних заходів та контролювати розвиток і міграцію фіто- та ентомопошкоджень, стан плодоношення лісів в регіоні.

Беручи до уваги поганий стан лісів в Івано-Франківській області, тут були проведені поглиблені екологічні дослідження. Найбільші промислові підприєм­ст­ва області розташовані в таких містах: Бурштин - вугільна електростанція; Івано-Франківськ - більш ніж 100 різних підприємств, переважно хімічної, лісової, машинобудівної і цементної індустрії; Калуш - комплекс хімічних заводів і вугільна електростанція; Надвірна - нафтопереробний завод. Рисунок 3 показує динаміку загального об'єму викидів з 1983 по 1999 рік для цих індуст­ріальних міст і співвідношення основних інгредієнтів в них. Протягом цього періоду щорічний об'єм емісій зменшився в чотири рази і особливо різко з 1990 до 1996 року. Починаючи з 1996 року прослідковується стабілізація викидів, але не для всіх підприємств. Так, в Калушському промвузлі основні виробницт­ва працюють нерегулярно і тому об'єм емісій коливається від 33 (в 1996 р.) до 2 (в 1999 р.) тис.т. Різноманітними є інгредієнти забруднення – Бурштинська ву­гільна електростанція має максимальний об'єм викидів і вміст сірчаних ангід­ритів в них є біль­ший за 67%. Місто Калуш дає багато окисів азоту (36%) і пилу (27%), Надвірнянський нафто­переробний завод - переважно вуглеводи (94%), Івано-Франківськ - пил (55%), окиси азоту (22%) і сірчаний ангідрит (18%). Згідно статистичної інформації, в області відмічено тільки разові перевищення ГДК за вмістом окремих токсикантів в екосистемах регіону.

Для вивчення забруднення природних екосистем були вибрані важкі метали, як індикатор антропогенного впливу. Рисунок 4 показує розподіл кон­цен­трацій хрому та міді в лісових грунтах на території Івано -Франківської об­ласті. Як бачимо, простежується загальна тенденція: мінімальні концентрації відмічені в грунтах лісистих і гірських ландшафтів, а максимальні - в індустріально-освоєних ландшафтах регіону. Необхідно мати на увазі, що це є тільки перші і разові дослідження такого плану, однак певні висновки можуть бути зроблені за їх результатами: встановлено місцевий фон і аномальні рівні для визначених елементів; на території області відбувається нагромадження Cd і Mo в лісових грунтах; концентрації Cr, Mo і Zn всюди більші за ГДК; для Pb таке перевищення є на 10% території області.

Беручи до уваги вищенаведені карти, в 1999 році було закладено 44 лока­льних ППС навколо Калуша, Бурштина і Надвірної, та відібрані на них зразки снігу, лісових грунтів і підстилки, хвої або листків, моху і трав'яного вкриття для аналізу на вміст важких металів. Нерегулярність фінансування не дала нам можливості встановити стан облікових дерев на протязі необхідного періоду, через це ми не будемо аналізувати параметри стану лісів. Існуючий рівень забруднен­ня важкими металами снігу навколо Калуша, Бурштина і Надвірної перевищує регіональний. У зразках снігової води більше хімічних елементів порівняно із грунтом. Небезпечною в цьому регіоні є ситуація з забрудненням довкілля Mo, V, Pb, і особливо - Ni та Zn. Поширення більшості індикаторів димових випадінь (Мо, Ті, Zn, V) на території регіону має одинаковий тип: спостерігається різке підвищення їхніх концентрацій навколо Бурштинської електростанції на відстані від 5 до 15 км. Найбільш значним є снігове забруднення на переважаючих напрямах вітру: північно-західному і південно-східному. Особливо чітко це видно на карті забруднення снігу ванадієм (рис. 5).

Концентрація важких металів в підстилці вища, ніж в лісових грунтах на цих ППС: для Ca - в 100 разів, для Ni і Mg - в 80, для Ti - в 40, для Cd, Cr, Sr і Cu - майже в 10 разів. У підстилці відсутні Ce, La і V, але виявлено Ar, яке відсутнє в грунті і присутнє в снігу. Тобто, в лісовій підстилці навколо місце­вих підприємств відбувається нагромадження багатьох важких металів, а сніг і атмосферні випадіння є джерелами цього забруднення. Карти забруд­нення підстилки на території регіону подібні до карт забрудненням грунту і, особли­во, - снігу, в розрізі окремих елементів (рис. 5).

Порівняльне вивчення забруднення природних екосистем регіону було про­ведене в Центральному Ботсаду Української Національної Акаде­мії Наук шляхом визначення концентрації важких металів в мохах. Пере­вищення фоно­вих рівнів забруднення мохів важкими металами є таким: Cd - в 1-8 разів, Cr - в 2-15, Cu в - 0,3-2, Fe - в 0,4-6, Ni - в 1-5, Pb - в 0,7-16, V - в 0,5-7, Zn - в 1-8 рази. Для мохів немає чіткої залежності рівнів концентрації від місцезнаходження проби, тобто з відстанню від джерела (рис. 6). За отриманими результатами, вона є тільки для окремих металів (Сd, Zn, V).

Описані вище фрагменти робіт з моніторингу лісів дають загальне пред­ставлення про напрямки досліджень УкрНДІгірліс в західному регіоні України щодо стану та забруднення лісових екосистем. В значній мірі вони є фраг­ментарними і на превеликий жаль виконавців - не систематичними. Існуюче фінансування не дає можливості виконувати роботи в повному обсязі згідно про­грамних вимог. З одного боку це ставить під сумнів правильність отри­маних висновків, а з другого - доцільність фінансування робіт з моніторингу лісів в таких об'ємах взагалі. Однак, біль­шість отриманих результатів є унікаль­ними для регіону і навіть для України в цілому. Втрата такого масиву еколо­гічної інформації, уже сформованого на рівні картографічного комп′ютерного банку даних, без сумніву буде великим мінусом в розвитку вітчизняної науки.

### Висновки

1. В даний час існує завершена 3-х рівнева мережа моніторингу за станом лісів на території Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської, Тернопільської та Чернівцької областей України в рамках європейської програми "ІСР Forest". Сформована в УкрНДІгірліс за матеріалами моніторингових спостережень ком­п'ютерна інформаційна система у форматі програми "Маріnfow" дає можливість будувати карти за любим вивченим параметром в розрізі років.

2. На більшій частині території регіону стан лісів добрий: середня дефо­ліація - від 10 до 30%, середній процент пошкоджених комахами дерев - від 5 до 15%. Найвищий рівень дефоліації лісів (більше 30%) - в промислово-осво­єних райо­нах Івано-Франківської і Чернівецької областей та у високогірних лісів. Зміни класу пошкодження в дубових і ялинових лісах регіону за період від 1991 до 2000 року показують тенденцію до погіршення їх стану. Стан букових лісів, навпаки, - покращується, і особливо успішно - після 1995 року. Тенденції зміни проценту дерев з ентомопошкодженнями на об'єктах моніто­рингу є подіб­ними в розрізі видів, однак не такими чіткими.

3. Дані забруднення грунту Івано-Франківської області важкими метала­ми показують: в промислово-освоєних районах присутні аномальні концен­трації 14 важких металів - з 21-го визначеного; картування показує подібність розподілу їх концентрацій на території області - мінімуми є в лі­систих, а максимуми - в густонаселених районах; Cd і Mo інтенсивно нагро­маджуються в лісових грунтах; концентрації Cr, Mo і Zn в лісових грунтах всю­ди більші, ніж ГДК; для Pb таке перевищення є тільки на 10% території.

5. На мережі локального моніторингу лісів навколо індустріальних цен­трів встановлено перевищення місцевих фонових рівнів практично для всіх іден­ти­фікованих металів в сніговій воді. Найбільш значним є забруднення снігу на переважаючих біля джерела викидів напрямах вітру. Майже для всіхелементів структури лісів від­мічено підвищену акумуляцію важких металів навколо місцевих підприємств. Тільки для забруднення мохів немає чіткої залежності концентрації важких металів від віддалі проб до джерела викидів.

**Використана література:**

1. Royal Ministry for Foreign Affairs; Royal Ministry of Agriculture (Eds.) (1971). *Air pollution acrross national boundaries. The impact of sulfur in air and precipitation, Sweden's case study for the United Nationas conference on the human environment.* Stockholm, 96 p.

2. UN/ECE (1979). *Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.* Geneva

3. Smith, W.H. (1981). *Air Pollution and Forests. Interaction between Air Contaminants and Forest Ecosystems.* New York, Heidelberg, Berlin

4. ICP (ed.) (1986). *Manual on the methodologies for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests.* Programme Coordinating Centres east and west of the international cooperative programme on assessment and monitoring of air pollution effects on forests. 92 pp.

5. EC (1986). Concil Regulation (EEC) No. 3528/86. *On the Protection of forests in the Community Against Atmospheric Pollution.* Brussels. Official Journal of the European Communities No. L362/2. 21 November 1986.

6. EC-UN/ECE (1997). *Ten Years of Monitoring Forest Condition in Europe. Technical Background Report.* Brussels, Geneva, 386 p.

7. Приходько Н.Н., Маркив П.Д. (1996). *Особенности организации мониторинга лесных экосистем в регионе Карпат и прилегающих территорий. -* Москва, Лесное хозяйство, № 3, 1996 - с. 51-52.

8. EC and UN/ECE (1996). European Programme for the intensive monitoring of forest ecosystems. Brussels.