



УДК 630\*182.581\*55

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСОВ НА ПРИМЕРЕ ДУБРАВ ЛЕСОСТЕПИ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**И.Ф. Букша<sup>1</sup>, Р.Е. Волкова<sup>2</sup>,  
В.П. Пастернак<sup>1</sup>, Т.С. Пивовар<sup>1</sup>,  
В.Ю. Яроцкий<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Украинский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, Украина, 61024, г. Харьков, ул. Пушкинская, 26

<sup>2</sup> Харьковский национальный педагогический университет имени Г.С. Сковороды, Украина, 61168, г. Харьков, ул. Блохера, 2

E-mail: monitoring@uriffm.org.ua

В ходе исследований осуществлена апробация подходов к оценке биоразнообразия лесных экосистем по растительности, структуре древостоя и мертвой древесине на примере свежих дубрав Левобережной Лесостепи Украины. Приведены результаты оценки видового богатства, индексы разнообразия лесной растительности, индексы вертикальной и горизонтальной структуры древостоя, качественные и количественные характеристики мертвой древесины для участков мониторинга.

Ключевые слова: мониторинг лесов, биоразнообразие, проект ForestBioTA, растительность, структура древостоя, мертвая древесина.

### Введение

Одной из важнейших глобальных проблем в настоящее время является снижение биологического разнообразия [1, 2, 3]. Согласно международным соглашениям [2, 3] для устойчивого управления лесами и принятия адекватных решений в лесной политике необходима информация относительно биоразнообразия лесных экосистем. Оценка и описание биоразнообразия является актуальной проблемой современной экологии. Биологическое разнообразие – сложное, многоуровневое понятие. Существование большого количества подходов к его оценке усложняет сравнимость и интерпретацию результатов.

Проект ForestBioTA (ForestBiodiversityTest-phaseAssessments)[4, 5], проводившийся в рамках европейской программы мониторинга лесов ICPForests [6], был направлен на разработку методов и критериев для расширенного исследования биоразнообразия на участках лесного мониторинга, а именно изучения видового, структурного и функционального разнообразия. В ходе проекта были отобраны методы сбора данных в полевых условиях и их обработки для оценки: а) структуры насаждения [7]; б) отмершей древесины [8] и в) лесной растительности [9]. Исследования в рамках этого проекта проведены на 98 постоянных участках мониторинга II уровня в наиболее типичных условиях по всей Европе, в том числе на трех участках в условиях Левобережной Лесостепи Украины[10].

Цель данного исследования – тестирование оценок биоразнообразия лесных насаждений, изучение возможностей их применения для решения задач мониторинга и инвентаризации лесов. Исследования включали оценку индексов разнообразия лесной растительности, структуры древостоев, качественные и количественные характеристики мертвой древесины и их динамику для трех участков мониторинга лесов.

Оценка лесной растительности относится к прямым оценкам биоразнообразия, поскольку учитывается видовое разнообразие всех сосудистых растений на определенной территории. В то же время оценка структуры древостоя и мертвой древесины косвенно характеризуют биоразнообразие, отражая не само биоразнообразие фитоценоза, а структурное разнообразие, и свидетельствуют об экологической емкости среды: т.е. чем выше гетерогенность среды, тем большее количество экологических ниш в ней содержится и, следовательно, биологическое разнообразие в ней выше. Например, в сложных многоярусных древостоях больше потенциальных мест для птичьих гнезд, эпифитных лишайников. Преимущество таких косвенных оценок состоит в том, что это они являются достаточно простыми и легко сравнимыми.

### Объекты и методика исследования

Наблюдения на участках мониторинга проводятся каждые четыре года начиная с 2004 года. Направления исследований: изучение структуры насаждения, отмершей древесины и лесной растительности [10]. Согласно Европейской классификации лесов [11] все 3 участка относятся к широколиственным лесам умеренной зоны на богатых почвах. Согласно общеприня-



той в Украине лесотипологической классификации Алексева-Погребняка [12] все участки расположены в типе лесорастительных условий свежего гряда (D<sub>2</sub>).

Участок №1 расположен на территории Лесопаркового хозяйства г. Харькова в типе леса свежая кленово-липовая дубрава, №2 – на территории Национального природного парка (НПП) «Гомольшанские леса» в окрестностях с. Гайдары Змиевского района Харьковской области, №3 – на территории учебно-опытного лесного хозяйства (УОЛХ) «Скрипаевское» возле с. Мохнач Змиевского района Харьковской области. Насаждения на участках 2 и 3 относятся к типу леса свежая ясенево-липовая дубрава. Участок №1 расположен в спелом 80-летнем дубовом древостое, а два других – в перестойных древостоях в возрасте 110 (№2) и 120 (№3) лет (табл. 1).

Таблица 1

**Общая характеристика древостоев на участках мониторинга (2004 г.)**

Показатели	Участки		
	Лесопарковое хозяйство (№1)	НПП «Гомольшанские леса» (№2)	УОЛХ «Скрипаевское» (№3)
Состав древостоя	9Дч1Лп+Яс, Клп, Кло	6Дч3Яс1Лп+ Кло, Клп	5Дч3Яс1Кло1Лп + Клп
Возраст древостоя, лет	80	120	110
Полнота	0.86	0.98	0.85
Бонитет	II	II	II
Общая сумма площадей сечений, м <sup>2</sup>	30.2	35.6	30.8
Общий запас, м <sup>3</sup>	354.4	411.7	358.2
Густота древостоя (шт./га)	372	376	408
Происхождение	Порослевое	Порослевое	Порослевое
Категория лесопользования	Лесопарковая часть лесов зеленых зон	Особо охраняемая природная территория	Лесохозяйственная часть лесов зеленых зон
Количество обследованных деревьев, всего, шт.	112	109	106
вт. ч. <i>Quercus robur</i> L., шт.	72	50	35
Средний диаметр, см	34.4	36.6	37.8
Средняя высота, м	26.6	26.7	28.0

Отбор объектов исследования осуществлялся на основании имеющейся сети участков мониторинга лесов первого уровня в зональном типе леса. Участки отличаются по уровню антропогенной нагрузки и режиму лесопользования (см. табл.1). Наибольшую антропогенную нагрузку испытывают лесные насаждения в Лесопарковом хозяйстве (рекреационная зона г. Харькова), а наименьшую – НПП «Гомольшанские леса». В 2010 г. в Лесопарковом хозяйстве в выделе, в котором расположен участок мониторинга №1, была проведена выборочная санитарная рубка средней интенсивности, которая сопровождалась изъятием сухостоя и валежника.

Площадь каждого обследованного участка в соответствии с методикой составляла 0.25 га. Для каждого участка регистрировали тип леса, возраст древостоя и количество ярусов. Для всех деревьев с диаметром больше 12 см отмечали их координаты, древесную породу, статус (живое или сухостой), измеряли диаметр ствола на высоте 1.3 м, выборочно измеряли высоту деревьев [7].

Информация о лесной растительности является одним из ключевых параметров в оценке биоразнообразия. Ее исследование проводили на площади 400 м<sup>2</sup> в пределах участка, составляя полный список видов, растущих на участке, отмечая численность для растений древесного и кустарникового ярусов и проективное покрытие – для травянистого яруса [9]. Для каждого участка были проанализированы показатели: общее проективное покрытие травянистого яруса (в процентах), видовое богатство и разнообразие. Видовое богатство оценивали как общее количество всех видов и количество видов травянистого яруса. Для оценки биоразнообразия травянистого яруса были рассчитаны индексы доминирования (1, 2) и разнообразия (3) (табл. 2) согласно предложенной методике по программе ForestBioTA.

Мертвую древесину (сухостой, валежник и пни) изучали на всей площади участка согласно предложенной методике [8]. Для сухостойных деревьев отмечали породу, диаметр на высоте 1.3 м, высоту и стадию разложения. Регистрировали все единицы валежника с диаметром не менее 10 см: отмечали древесную породу, измеряли длину, срединный диаметр, оценивали степень разложения (5 классов). Небольшие части валежника с диаметром 5–10 см оценивали на 5 трансектах, расположенных в пределах участка, длиной по 5 м каждая. Для каждо-



го фрагмента валежника, пересекавшего линию трансекты, отмечали древесную породу, длину и степень разложения.

Таблица 2

### Индексы доминирования и разнообразия, использованные для оценки растительности [13]

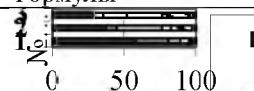
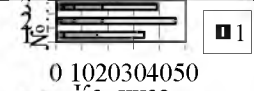
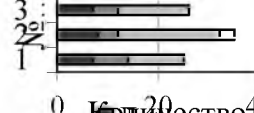
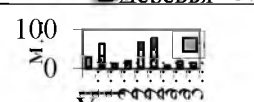
Индексы	Формулы	Описания
1. Бергера-Паркера	$d = N_{max}/N$	где $N_{max}$ – проективное покрытие наиболее обильного вида; $N$ – общее проективное покрытие всех видов
2. Симпсона и его обратное значение ( $1/C$ );	$C = \sum_{i=1}^S \left[ \frac{n_i}{N} \right]^2$	где $N$ – общее проективное покрытие видов напочвенного яруса; $n_i$ – относительное проективное покрытие определенного вида
3. Шеннона	$H' = - \sum p_i \ln p_i$	где $p_i$ – доля $i$ -того вида по проективному покрытию

Структуру древостоя оценивали с помощью индексов (табл. 3.) по методике [7]. Для оценки гетерогенности древостоя использовали значения стандартного отклонения диаметра на высоте 1,3 м, а также пространственный индекс дифференциации диаметров.

Для оценки вертикальной структуры насаждения был использован индекс видового профиля, который рассчитывали как индекс Шеннона по соотношению количества деревьев в разных ярусах насаждения. Для этого древостой разделяли на три группы по высотным ярусам: первый ярус включал деревья с высотой 100 – 80% от максимальной высоты древостоя ( $h_{max}$ ), второй ярус – 80 – 50%, а третий – менее 50%  $h_{max}$ . Для каждого яруса  $j$  рассчитывали относительную частоту встречаемости  $P_{ij}$  каждого вида от общего количества деревьев  $N$  в древостое, а затем рассчитывали индекс видового профиля (табл. 3).

Таблица 3

### Показатели структуры древостоя

Индексы	Формулы	Описания
1. Шеннона		где $p_i$ относительное обилие $i$ -х видов; $N$ – количество видов (количество деревьев породы или сумма площадей сечения деревьев породы)
2. Симпсона		где $p_i$ относительное обилие $i$ -х видов; $N$ – количество видов (количество деревьев породы или сумма площадей сечения деревьев породы)
3. Кларка Эванса [14]		где $r_i$ расстояние от дерева $i$ до ближайшего соседнего; $N$ количество деревьев на 1 га; $n$ количество обследованных деревьев
4. Смешивания		где $v_{ij} = 0$ в случае, если соседнее дерево $j$ относится к другому виду; $v_{ij} = 1$ в случае, если соседнее дерево $j$ относится к тому же самому виду
5. Дифференциации диаметров	$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (1 - r_i)$	где $r_i$ – (меньший диаметр) / (большой диаметр) пары деревьев $i$ ; $n$ – количество пар деревьев, которые были измерены
6. Видового профиля	$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{N}$	где $n_{ij}$ – количество деревьев вида $i$ в ярусе $j$
	$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^B n \left\{ \frac{p_{ij} \cdot \ln p_{ij}}{0} \text{ если } p_{ij} > 0 \right.$ $\left. 0 \text{ иначе} \right.$	где $S$ – количество видов деревьев, $B$ – количество высотных ярусов

### Результаты и обсуждение

В рамках исследования проведена оценка биоразнообразия лесной растительности (высших сосудистых растений). Обследованные участки мониторинга представляют собой сложные по вертикальной структуре фитоценозы, в которых выражены: ярус древостоя, ярус подлеска и подрост, травянистый ярус (рис. 1).

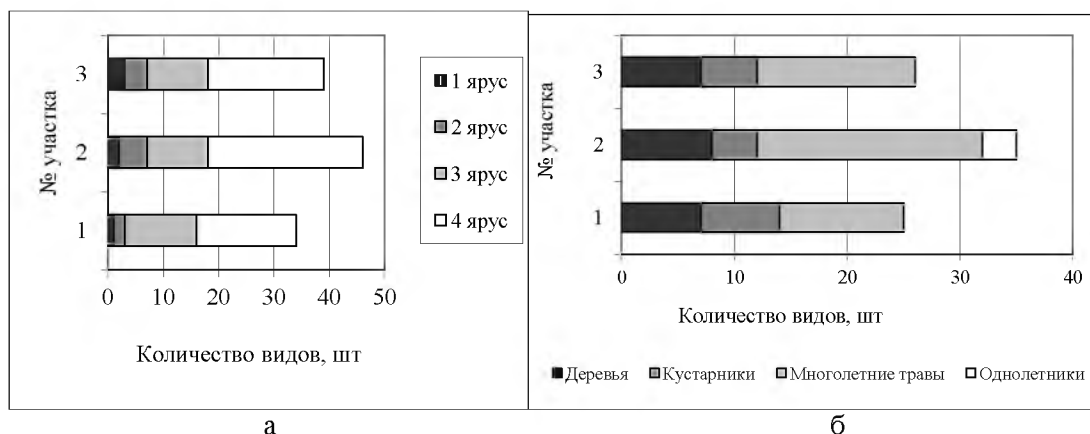


Рис. 1. Количественное распределение видов по ярусам (а) и жизненным формам (б) на участках ForestBioTA (2004) (1 – Лесопарковое хозяйство; 2 – НПП «Гомольшанские леса», 3 – УОЛХ «Скрипаевское»)

Обследованные участки имеют близкий породный состав древостоя и включают по 6–7 видов деревьев, но различаются по их количественному соотношению (рис. 2). На всех участках доминирует дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) – главная лесообразующая порода, содоминантом на всех участках является липа сердцелистная (*Tilia cordata* Mill.), на 2-ом и 3-ем участках также ель высокий (*Fraxinus excelsior* L.), а на 3-м – клен остролистный (*Acer platanoides* L.). На участках единично встречаются деревья вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.), клена полевого (*Acer campestre* L.), клена татарского (*Acer tataricum* L.), груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.) и яблони лесной (*Malus sylvestris* Mill.).

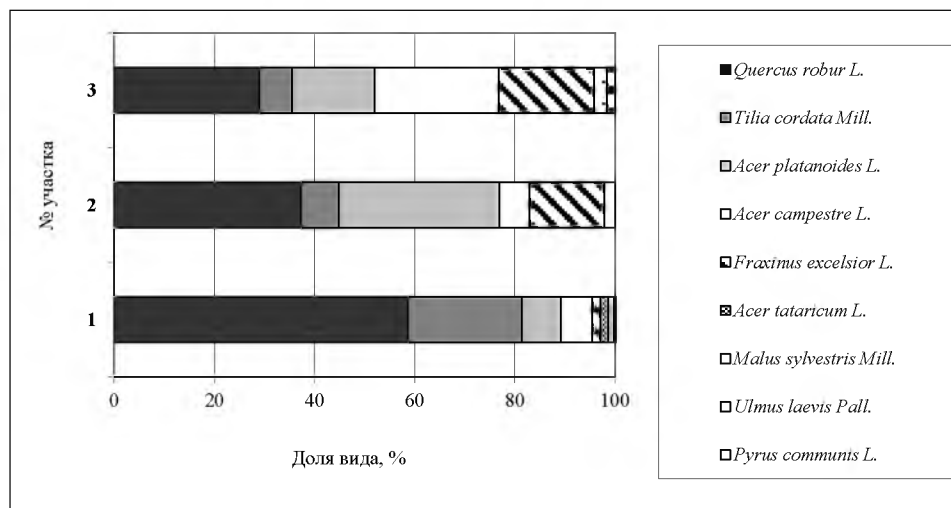


Рис. 2. Породный состав древостоя на участках (2004 г) (1 – Лесопарковое хозяйство; 2 – НПП «Гомольшанские леса», 3 – УОЛХ «Скрипаевское»)

Подлесок и подрост образуют около 12 видов древесных и кустарниковых пород, в том числе клены остролистный, полевой и татарский, груша обыкновенная, яблоня лесная, боярышник (*Crataegus* sp.), а также лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.), свидина кроваво-красная (*Swida sanguinea* (L.) Oriz), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.) и б. европейский (*E. europaea* L.).

На участках было зарегистрировано 52 вида высших растений, относящихся к 43 родам, 32 семействам, 3 классам, 2 отделам с абсолютным преобладанием Magnoliophyta. Фиторазнообразие травянистого яруса в составе ботанических групп растений характеризуют Rosaceae (13.5% от всех зарегистрированных видов), Asteraceae, Lamiaceae, Rubiaceae и Surgeraceae (по 5.8%) при доминировании многолетних травянистых видов. Всего к преобладающим семействам относится 36.7% видов, 6 семейств представлены двумя видами, 21 семейство – одним видом. Соотношение Magnoliopsida и Lillipsida составляет 7:1.

На исследованных участках общее проективное покрытие травянистого яруса для спелых и перестойных насаждений достаточно высокое и составляет 60–80% (табл. 4). На участках



в Лесопарковом хозяйстве и НПП «Гомольшанские леса» в травянистом ярусе доминирует *Aegopodium podagraria* L., а содоминантом выступает *Asarum europaeum* L., на участке в УОЛХ «Скрипаевское» доминирует *Carex pilosa* Scop., содоминант – *Asarum europaeum* L. Большую часть видового состава травянистого яруса всех участков составляют силванты – *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Mercurialis perennis* L., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Pulmonaria obscura* Dumort, *Stellaria holostea* L. и др. На участке, расположенном в НПП, были выявлены 3 редких для Харьковской области вида: *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Campanulatrachelium* L. и *Symphytum tauricum* Willd. На всех участках отмечено антропогенное нарушение флоры, т.к. обнаружены рудеральные виды *Geranium robertianum* L., *Galium aparine* L., *Chelidonium majus* L.

Таблица 4

## Показатели видового разнообразия лесной растительности на участках

Показатели	Участки, годы								
	Лесопарковое хозяйство (№1)			НПП «Гомольшанские леса» (№2)			УОЛХ «Скрипаевское» (№3)		
	2004	2008	2012	2004	2008	2012	2004	2008	2012
Общее проективное покрытие травянистого яруса, %	80	75	70	60	60	65	75	70	80
Видовое богатство участка, шт.	26	24	23	33	31	30	26	27	26
Видовое богатство травянистого яруса, шт.	11	11	11	21	19	19	14	13	15
Индекс доминирования Бергера-Паркера	52.7	41.2	34.0	22.4	18.4	16.0	51.2	32.5	41.4
Индекс доминирования Симпсона	0.35	0.36	0.37	0.14	0.15	0.15	0.29	0.24	0.26
Обратный индекс Симпсона	2.9	2.8	2.7	7.1	6.6	6.6	3.5	4.2	3.7
Индекс Шеннона	1.4	1.7	1.9	2.3	2.6	2.7	1.9	1.9	1.8

В целом по всем показателям большее альфа биоразнообразие отмечено на участке №2 (НПП «Гомольшанские леса»): наибольшее видовое богатство, наибольший индекс Шеннона, и обратный индекс Симпсона, а также низкие индексы Симпсона и Бергера-Паркера. На этом участке наблюдается более равномерное распределение питательных веществ между видами травянистого яруса, на что указывает низкий индекс доминирования Бергера-Паркера и высокое значение обратного индекса Симпсона.

Участок №1 (Лесопарк) характеризуется наименьшим видовым богатством, как общим, так и травянистого яруса (см. табл.4), и наименьшим разнообразием по сравнению с двумя другими участками. Для него отмечены минимальные значения индексов Шеннона и обратного индекса Симпсона, наибольшие значения индексов доминирования. В 2012 г. на участке отмечено уменьшение общего проективного покрытия травянистого яруса на 10% и общего видового богатства на 3 вида. Произошли изменения в индексах разнообразия: существенно уменьшился индекс Бергера-Паркера (с 54.7 до 34.0), что свидетельствует о снижении доминирования одним видом, также увеличились значения индексов Симпсона и Шеннона (с 1.4 до 1.9), что свидетельствует о возрастании биоразнообразия за счет более равномерного распределения видов на участке. На участке, расположенном в УОЛХ «Скрипаевское», параметры видового богатства и разнообразия имеют промежуточные значения.

Поскольку лесная растительность это сложный компонент лесной экосистемы для его оценки одних интегральных индексов Шеннона и Симпсона не достаточно. Необходима комплексная оценка, которая включает оценку видового богатства, индексов доминирования и т. д. Для целей широкомасштабного мониторинга и инвентаризации лесов данный компонент достаточно сложен и на этапе полевых работ, и в ходе анализа, необходимо использовать упрощенные экспресс методы для его оценки. В программе интенсивного мониторинга лесов следует проводить оценку всего комплекса показателей, характеризующих лесную растительность, в том числе и напочвенный покров.

Для общей характеристики биоразнообразия важна также оценка структурного разнообразия лесных экосистем. Результаты оценки лесных насаждений по горизонтальной и вертикальной структуре, породному составу древостоя на исследуемых участках приведены в табл. 5.

Таблица 5

## Показатели структуры и видового состава древостоев на участках



Показатели	Участки, годы								
	Лесопарковое хозяй- ство (№1)			НПП «Гомольшанские леса» (№2)			УОЛХ «Скрипаевское» (№3)		
	2004	2008	2012	2004	2008	2012	2004	2008	2012
Индекс Кларка-Эванса	0.79	0.87	0.86	0.94	0.95	0.93	1.05	1.10	1.04
Индекс видового профиля	0.81	1.16	1.36	1.26	1.27	1.28	1.94	1.88	1.88
Количество ярусов	2	2	3	2	2	2	3	3	3
$SI^*$ п***	0.37	0.40	0.55	0.65	0.65	0.65	0.76	0.77	0.77
$SIBA^{****}$	0.21	0.23	0.29	0.57	0.57	0.58	0.65	0.65	0.66
$SH^{**}$ п	1.02	1.11	1.53	1.82	1.83	1.84	2.19	2.20	2.20
$SHBA$	0.63	0.67	0.87	1.53	1.53	1.55	1.80	1.82	1.84
Индекс смешивания	0.65	0.61	0.47	0.39	0.39	0.39	0.44	0.43	0.48
Общее стандартное от- клонение диаметров	9.0	9.3	11.0	9.8	9.8	9.8	11.4	11.6	11.9
Индекс дифференциа- ции диаметров	0.27	0.27	0.33	0.27	0.27	0.27	0.35	0.35	0.40
Сумма площадей сече- ния дуба, м <sup>2</sup>	26.7	26.2	23.5	20.9	20.7	20.1	15.7	15.7	15.1
Формула состава	9Дч1Лп+Яс,Клп,Кло			6Дч3Яс1Лп+ Кло,Клп			5Дч3Яс1Кло1Лп + Клп		

Примечание: \*SI – индекс Симпсона; \*\*SH – индекс Шеннона, \*\*\*п – по количеству деревьев по-  
роды, \*\*\*\* BA – по сумме площадей сечения деревьев породы.

Полученные значения индекса Кларка-Эванса, указывающего на особенности горизон-  
тальной структуры древостоя, показали, что участки №2 и №3 характеризуются более равно-  
мерным размещением деревьев, а на участке №1 (Лесопарк) размещение деревьев тяготеет к  
групповому (кластерному). Наиболее сложной вертикальной структурой древостоя с учетом  
древесных пород отличается участок №3 (УОЛХ «Скрипаевское»), для которого получены  
наибольшие значения индекса видового профиля. На этом участке выражен 3-й ярус древо-  
стоя, включающий сопутствующие древесные породы.

Наименьшим значением индекса видового профиля характеризуется древостой в Ле-  
сопарковом хозяйстве (участок №1) в течение первых двух циклов наблюдений (см. табл. 5). В  
2012 году на этом участке произошло увеличение индекса видового профиля в связи с перехо-  
дом подроста сопутствующих пород в категорию «деревья», которые сформировали 3-й ярус  
исследуемого древостоя. Индекс видового профиля на участке №2 (НПП «Гомольшанские ле-  
са») остался практически неизменным (1.26–1.28), что свидетельствует о стабильности верти-  
кальной структуры этого древостоя.

Несмотря на то, что во всех трех исследуемых древостоях отмечено одинаковое видовое  
богатство древесного яруса (по 5 видов), количественное участие древесных пород на всех  
участках различное (см. табл. 5). Наименьшие значения индексов разнообразия Шеннона и  
Симпсона по породному составу и наибольшее значение индекса смешивания, отмеченные для  
участка №1 (Лесопарк), свидетельствуют об однообразном составе данного насаждения. Для  
участка №3 (УОЛХ «Скрипаевское») значения индексов разнообразия по породному составу  
наибольшие, что свидетельствует о большей выравненности состава и меньшем доминирова-  
нии одной древесной породы по сравнению с другими двумя участками.

Древостой, расположенный в НПП «Гомольшанские леса» (№2), судя по значениям  
индексов Шеннона и Симпсона, по разнообразию породного состава занимает промежуточное  
положение. Индекс смешивания для этого участка имеет наименьшие значения, что свиде-  
тельствует о более разнообразном составе пород в микрогруппах по сравнению с двумя други-  
ми участками, т.е. участок характеризуется наибольшим пространственным разнообразием по-  
род.

Отмеченное уменьшение доли дуба, определенное по сумме площадей сечения на  
участке №1 (Лесопарк) в 2012 г. не отразилось на формуле состава древостоя (см. табл. 5). В то  
же время индексы разнообразия породного состава изменились существенно: значения индек-  
сов Шеннона и Симпсона увеличились по сравнению с предыдущими наблюдениями, а значе-



ние индекса смешивания уменьшилось с 0.61 до 0.47. Данные изменения свидетельствуют об увеличении выравненности породного состава и некотором снижении доминирования дуба черешчатого в данном древостое, а также об изменении горизонтального размещения пород в микрогруппах. Полученные данные свидетельствуют о том, что использование индексов биоразнообразия является более чувствительным методом для определения изменений в структуре древостоя, чем формула его состава.

Оценка горизонтальной структуры древостоев с помощью показателей стандартного отклонения диаметра и индекса дифференциации диаметров показала, что в 2004 и 2008 годах наибольшие значения этих показателей отмечены на участке в УОЛХ «Скрипаевское» (№3). Это свидетельствует о большем разнообразии размеров деревьев в древостое, т.е. большей его гетерогенности и разновозрастности. Для участка №1 (Лесопарк) значения обоих показателей минимальные. Для участков №2 и №3 данные показатели существенно не изменились в течении трех циклов наблюдений, в то время как на участке №1 (Лесопарк) в 2012 году значения обоих показателей резко увеличились по сравнению с предыдущими наблюдениями. Подобные изменения, очевидно, связаны с увеличением вариабельности диаметров сопутствующих древесных пород на фоне практически неизменных значений для дуба черешчатого. Отмеченные изменения являются закономерными, поскольку вследствие проведения санитарной рубки увеличилась площадь питания оставшихся деревьев, уменьшилась конкуренция за ресурсы, и в результате этого сопутствующие древесные породы получили возможность для активного роста.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что изменения в структуре древостоя на участке мониторинга в Лесопарке происходили вследствие трех причин: уменьшения количества стволов дуба черешчатого (усыхание и изъятие в ходе санитарной рубки), прироста оставшихся деревьев и появления новых. Большой прирост деревьев сопутствующих пород и отпад деревьев основного яруса, вызвал появление третьего яруса древостоя. Постоянство индексов структуры древостоя на участке в НПП «Гомольшанские леса» может свидетельствовать о ее большей стабильности по сравнению с другими двумя участками.

Использование индексов структурного разнообразия лесных насаждений позволяет сравнивать различные древостои между собой, количественно оценивать видовой состав и структуру древостоя, а так же изменения, которые произошли в насаждении в результате природных процессов или лесохозяйственной деятельности. Пространственные индексы (индекс смешивания, индекс дифференциации диаметров и Кларка-Эванса) более сложны в применении, чем непространственные (стандартное отклонение по диаметру, индексы Шеннона и Симпсона, индекс видового профиля), хотя результаты в целом схожие. Большая часть показателей коррелирует между собой. Для практического применения при широкомасштабном мониторинге и инвентаризации лесов целесообразно применять наименее трудоемкие методы, а именно – стандартное отклонение диаметров, индекс Шеннона и индекс видового профиля.

Наличие в лесах мертвой древесины вносит элемент гетерогенности в среду – поскольку происходит формирование разнообразных экологических ниш. На одном дереве с момента его гибели и до полного разложения живет от десятков до сотен видов грибов, растений и животных. Мозаичность территории приводит к росту видового богатства, увеличению потоков энергии и веществ в экосистеме, что положительно влияет на ее устойчивость.

Участки мониторинга существенно различаются по количественной и качественной характеристике мертвой древесины (рис. 3). Наибольшим средним суммарным запасом мертвой древесины характеризуется участок №2 в НПП «Гомольшанские леса» (среднее значение 54.3 м<sup>3</sup>/га), а наименьшим – участок №3 в УОЛХ «Скрипаевское» (13.0 м<sup>3</sup>/га). Участок №3 при этом характеризуется практически полным отсутствием сухостоя (среднее за три года 3.5%) и самым большим запасом пней (6 м<sup>3</sup>/га). Наибольший запас сухостоя отмечен на участке в Лесопарке.

За период наблюдений на участках мониторинга произошли изменения в структуре и запасе мертвой древесины. В 2004 году на участке №1 (Лесопарк) средний запас сухостоя составлял около 70% от общего запаса мертвой древесины, в 2008 г. на этом участке отмечена тенденция выравнивания соотношения запаса сухостоя (49.7%) и валежника (40.0%) за счет увеличения запаса последнего, а в 2012 г. после проведения санитарной рубки и изъятия валежника на фоне уменьшения общего запаса мертвой древесины произошло увеличение доли сухостоя (68%). На участке №2 (НПП «Гомольшанские леса») объем мертвой древесины увеличился с 19.4 до 77.0 м<sup>3</sup>/га с пропорциональным увеличением всех страт (средняя доля валежника – около 60%, а сухостоя – 30%).

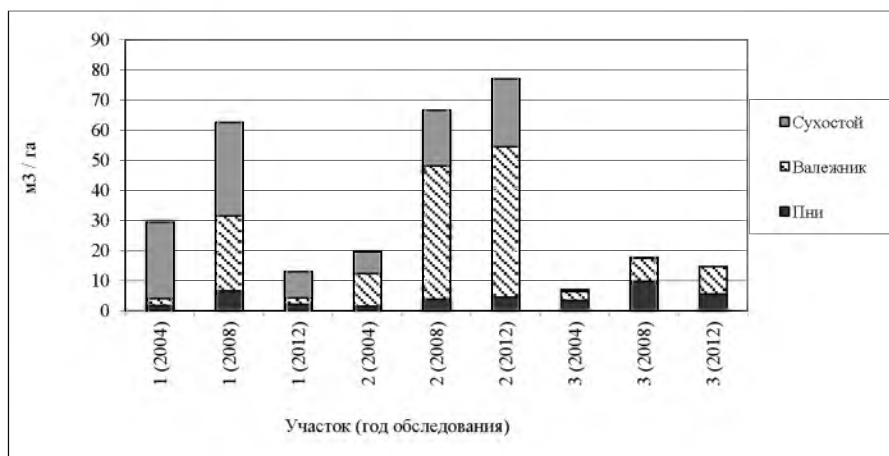


Рис. 3. Динамика запаса мертвой древесины на участках (м³/га) (1 – Лесопарковое хозяйство; 2 – НПП «Гомольшанские леса», 3 – УОЛХ «Скрипаевское»)

Более детально была изучена страта валежника (табл.7). На участке №1 в 2004 г. преобладал валежник 4 стадии разложения (75% от общего запаса валежника), в 2008 г. вместе с увеличением запаса валежника возросло его разнообразие, при этом наибольшим был запас валежника 3 стадии разложения (51%), а в 2012 г. на участке отмечен валежник только первой стадии разложения, что связано со значительным изъятием валежника. На участке №2 доминировал валежник 3 и 2 стадии разложения. На участке №3 в 2004 и 2008 гг. доминировал валежник 4 стадии (53.1% и 57.2%), а в 2012 отмечено образование валежника первой стадии разложения (39.0%).

Таблица 7

Динамика запаса валежника разных стадий разложения и средние стадии разложения на участках (м³/га)

Показатели	Участки, годы								
	Лесопарковое хозяйство (№1)			НПП «Гомольшанские леса» (№2)			УОЛХ «Скрипаевское» (№3)		
	2004	2008	2012	2004	2008	2012	2004	2008	2012
Общий запас, м³/га	2.4	24.96	2.09	10.73	44.31	50.13	3.2	7.8	9.0
1	0.0	0.0	2.09	0.03	0.0	0.0	0.0	0.46	3.51
2	0.0	5.8	0.0	5.0	10.35	14.51	0.0	0.0	0.0
3	0.5	12.74	0.0	5.3	23.33	29.47	0.4	0.7	0.58
4	1.8	6.06	0.0	0.4	3.48	5.97	1.7	4.46	3.43
5	0.1	0.36	0.0	0.0	7.15	0.18	1.1	2.18	1.48
Средняя стадия разложения, баллы	3.63	2.97	1.00	2.57	2.36	2.82	2.50	2.62	2.11

Еще одним показателем для оценки мертвой древесины является средняя стадия разложения валежника (как средневзвешенное по запасу). Низкие значения (менее 1.7) этого показателя указывают на то, что темпы образования валежника преобладают над темпами его разложения, а высокие значения (от 3.4 до 5) – на преобладание процесса разложения над образованием. Таким образом, если вначале наблюдений на участке №1 (Лесопарк) скорость разложения валежника превышала скорость его образования, то по состоянию на 2012 г. на участке преобладало образование валежника. С 2004 по 2008 гг. на участках №2 (НПП «Гомольшанские леса») и №3 (УОЛХ «Скрипаевское») происходило накопление запаса валежника (процессы разложения /образования находились в равновесном состоянии). В 2012 г. на участке в НПП «Гомольшанские леса» наметилась тенденция к преобладанию скорости разложения, а на участке в УОЛХ «Скрипаевское» – к образованию валежника. Важно отметить, что на участках №1 (Лесопарк) и №3 (УОЛХ «Скрипаевское») отмершую древесину изымали из лесной экосистемы, что повлияло на баланс ее образования/разложения.

На участке в Лесопарке (№1) валежник почти на 100% был представлен древесиной дуба черешчатого. На двух других участках в видовом составе отмершей древесины эта порода составляет около 85%, остальная часть представлена кленом остролистным и полевым, ясенем высоким. Это связано не только преобладанием дуба в составе насаждений, но и со значительным отпадом его по сравнению с другими породами и более длительным временем разложе-





ния. Наиболее разнообразно и выровнено по древесным породам валежник представлен на участке №2 (НПП «Гомольшанские леса») (табл.8).

Таблица 8

Динамика запаса валежника разных древесных пород на участках (м<sup>3</sup>/га)

Древесные породы	Участки, годы								
	Лесопарковое хозяйство (№1)			НПП «Гомольшанские леса» (№2)			УОЛХ «Скрипаевское» (№3)		
	2004	2008	2012	2004	2008	2012	2004	2008	2012
<i>Quercus robur</i>	1.06	24.97	2.09	9.32	37.4	43.2	3.01	6.48	7.76
<i>Acer platanoides</i>	0.0	0.0	0.0	0.36	2.42	2.42	0.0	0.0	0.0
<i>Fraxinus excelsior</i>	0.0	0.0	0.0	1.12	4.48	4.48	0	0.19	0.14
<i>Acer campestre</i>	0.01	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.22	1.13	1.09
<i>Tilia cordata</i>	0.0	1.22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Таким образом, по показателю запас мертвой древесины и по разнообразию древесных пород валежника наибольшим разнообразием мертвой древесины характеризуется участок №2 (НПП «Гомольшанские леса»). Это косвенно свидетельствует о том, что в данном насаждении наибольшее биоразнообразие организмов, связанных в своей жизнедеятельности с мертвой древесиной, а также о том, что данное насаждение более полно выполняет экосистемные функции. Изъятие мертвой древесины из лесной экосистемы на участке №3 (УОЛХ «Скрипаевское») (систематическое) и на участке №1 (Лесопарк) (не систематическое) вызывает уменьшение структурного разнообразия, и как следствие уменьшение биоразнообразия, и снижает эффективность круговорота веществ в экосистеме.

### Выводы

В ходе исследований осуществлена апробация подходов по оценке биоразнообразия лесных экосистем. Использование индексов видовой и структурного разнообразия лесных насаждений позволяет описать видовой состав и структуру древостоя, количественно оценить изменения, произошедшие в насаждении в результате природных процессов или в ходе хозяйственной деятельности. Установлено, что среди исследованных участков наибольшим биоразнообразием растительности, наибольшим запасом и разнообразием мертвой древесины отличается лесной участок, расположенный в НПП «Гомольшанские леса», а наименьшим – насаждение в Лесопарковом хозяйстве, в котором наибольшее антропогенное влияние. Наибольшим структурным разнообразием древостоя отличается участок в УОЛХ «Скрипаевское», а наименьшим – древостой в Лесопарке. Проведенная между циклами наблюдений санитарная рубка на участке в Лесопарковом хозяйстве вызвала усложнение структуры древостоя в связи с более активным ростом сопутствующих древесных пород.

На основании проведенных исследований для практического применения при широкомасштабном мониторинге и инвентаризации лесов наземными методами для оценки структуры древостоев рекомендуется использовать такие показатели: стандартное отклонение диаметров, индекс Шеннона и индекс видовой профиля, для оценки мертвой древесины – запас мертвой древесины по типам (сухостой, валежник и пни) и средневзвешенный показатель степени разложения валежника. Для научных исследований и интенсивного мониторинга лесов желательно использовать более точные, но трудоемкие методы с определением пространственных индексов структуры древостоев, запасов мертвой древесины по породам и комплекса показателей характеризующих напочвенный покров.

### Список литературы

1. Конвенция о биологическом разнообразии. [Электронный документ]. – Режим доступа: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/biodiv.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml)
2. Венская декларация и Венские резолюции, принятые на 4-й конференции министров по защите и охране лесов Европы 28–30 апреля 2003 г., Вена, Австрия. [Электронный документ]. – Режим доступа: [http://www.foresteurope.org/docs/viena/vienna\\_russian.pdf](http://www.foresteurope.org/docs/viena/vienna_russian.pdf)
3. MCPFE (2002). Improved pan-european indicators for sustainable forest management as adopted by the MCPFE Expert Level Meeting, Vienna (Austria) October 7–8, 2002. [Электронный документ]. – Режим доступа: [http://www.mcpfe.org/system/files/u1/meetings/02/10elm/AGrecommedation\\_indicators.pdf](http://www.mcpfe.org/system/files/u1/meetings/02/10elm/AGrecommedation_indicators.pdf)
4. ForestBIOTA. 2004. ForestBIOTA (Forest Biodiversity Test-phase Assessments). Project Proposal under Regulation (EC) No 2152/2003 (Forest Focus) for the development of forest biodiversity monitoring (Art 6(2) monitoring test phase). [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.forestbiota.org/docs/ProjectProposal04.pdf> via the INTERNET. Accessed 26.04.2006.
5. Fischer R, Granke O, Chirici G, Meyer P, Seidling W, Stofer S, Corona P, Marchetti M, Travaglini D, 2009. Background, main results and conclusions from a test phase for biodiversity assessments on intensive for-



est monitoring plots in Europe. *iForest* 2: 67-74. [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.sisef.it/forest/show.php?id=493>

6. Fischer R, Lorenz M (eds.). 2011: Forest Condition in Europe, 2011 Technical Report of ICP Forests and FutMon. Work Report of the Institute for World Forestry 2011/1. ICP Forests, Hamburg, 2011, 212 pp. [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.icp-forests.org/pdf/TR2011.pdf>

7. Fisher, R.; Pommerening, A. (2003): Methodology for stand structure assessments in the biodiversity test phase 2003 – 2005 of EU/ICP Forests. Workingpaper, ForestBiota. [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.forestbiota.org/docs/>

8. Chirici, C.; Marchetti, M. (2003): Proposal of deadwood monitoring protocol in ForestBiota. Working paper, ForestBiota. [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.forestbiota.org/docs/struct1.doc>

9. Assessment of Ground Vegetation Part VIII.: ICP Forests Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effect of air pollution on forests, 2004. [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.icp-forests.org/pdf/manual8.pdf>

10. Пастернак В.П., Мешкова Т.С., Волкова Р.Е. Оцінка біорізноманіття на ділянках моніторингу лісів за результатами тест-фази «forest biota» // Матеріали міжнародної ювілейної наукової конференції, присвяченої 75-річчю із дня заснування УкрНДЛГА «Ліс, наука, суспільство» (30–31 березня 2005 р., м. Харків). – Харків, 2005. – С. 78–79.

11. Barbati A., Corona P., Marchetti M. New European Forest Types: Complementary documentation. Annex to Enquiry. State of Forests and Sustainable Forest Management in Europe 2011. UN Geneva 2010. [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.unesco.org/fileadmin/DAM/timber/publications/european-forest-type.pdf>

12. Воробьев Д.В. Типы лесов Европейской части СССР – К.: Изд-во АН УССР, 1953. – 452 с.

13. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 184 с.

14. Clark P.J., Evans F.C. Distance to nearest neighbors as a measure of spatial relationships in populations in: *Ecology* 35, 1954. – Pp. 445–453.

## METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSMENT OF FOREST BIODIVERSITY

**I.F. Buksha<sup>1</sup>, R.E. Volkova<sup>2</sup>,  
V.P. Pasternak<sup>1</sup>, T.S. Pyvovar<sup>1</sup>,  
V.Yu. Yarotskiij<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Ukrainian research institute of forestry  
and forest melioration named after  
G.M. Vysotskiij,  
Pushkinskaya St, 26  
Kharkov, 61024, Ukraine

<sup>2</sup> Kharkov national pedagogical  
university named after G.S. Skovoroda,  
Bluhera St, 2, Kharkov,  
61168, Ukraine

E-mail: [monitoring@uriffm.org.ua](mailto:monitoring@uriffm.org.ua)

During the studies the approbation of methodological approaches to evaluation of biodiversity of forest ecosystems according to ground vegetation, stand structure and dead wood was carried out on the example of oak forest of Left-bank forest-steppe of Ukraine. The results of the assessment of species richness, ground vegetation biodiversity indexes, vertical and horizontal stand structure indexes, and qualitative and quantitative characteristics of dead wood are presented for monitoring plots.

Key words: forest monitoring, biodiversity, project ForestBioTA, vegetation, stand structure, dead wood.