

УДК 574 + 504.54

Н. Н. Назаренко, И. М. Лоза

*Національний університет біоресурсів і природопольовання, г. Київ
Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара*

АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КОЛКОВЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Проведенный анализ растительности колковых лесных экосистем позволил выделить и уточнить их классификационные и типологические единицы, которые статистически значимо дифференцируются по экологическим и ценологическим параметрам. Охарактеризованы экологические и ценологические параметры колковых лесных экосистем, для которых обосновано наличие рядов гидрогенного и эдафогенного замещения и сукцессионных рядов. Приведена фитоиндикационная характеристика ведущих режимов экологических факторов. Ведущими факторами, определяющими характеристики, структуру и сложение колковых лесных экосистем, являются уменьшение почвенного увлажнения, рост амплитуды годовых температур и кислотность почв.

Н. М. Назаренко, I. M. Loza

*Національний університет біоресурсів і природокористування, м. Київ
Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара*

АНАЛІЗ РОСЛИННОСТІ КОЛКОВИХ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Проведений аналіз рослинності колкових лісових екосистем дозволив виділити та уточнити їх класифікаційні та типологічні одиниці, які статистично значимо диференціюються за екологічними та ценологічними параметрами. Охарактеризовано екологічні та ценологічні параметри колкових лісових екосистем, для яких обґрунтована наявність рядів гідрогенного та едафогенного заміщення та сукцесійних рядів. Наведено фітоіндикаційну характеристику провідних режимів екологічних факторів. Провідні фактори, що визначають характеристики, структуру та склад колкових лісових екосистем, – зменшення ґрунтового зволоження, зростання амплітуди річних температур і кислотність ґрунтів.

N. M. Nazarenko, I. M. Loza

*National University of Bioresources and Nature Management, Kiev
Oles' Honchar Dnipropetrovsk National University*

ANALYSIS OF ASPEN-AND-BIRCH SEPARATED SMALL WOODS' VEGETATION IN NORTH STEPPE OF UKRAINE

Conducted analysis of forest vegetation has allowed selecting and specifying classification and typological units of the aspen-and-birch separated small woods, which have statistically significant difference of ecotopic and coenotic parameters. Those parameters of studied forest ecosystems are characterised. Existence of the lines of hydrogenic and edaphogenic substitution, and succession rows are described. Phytoindication description of ecological factors' pivotal conditions is presented. Driving factors determining parameters, structure and composition of the aspen-and-birch forest ecosystems are diminishing soil moisture, increasing annual temperatures amplitude and soil acidity.

Введение

Состав и структура растительного покрова неразрывно связаны с экологическими факторами (в том числе антропогенными), комплекс которых исторически складывался в пределах определенной природной зоны. При этом необходимо учитывать также и наличие незональных факторов, определяющих возможность существования в пределах зоны экстра-, интра- и азональных растительных комплексов. Таким образом, формируется сложная и уникальная мозаика растительного покрова территории, в которой изучение интразональных растительных комплексов представляет особый интерес.

К интразональным лесным экосистемам, существующим на террасах малых рек в степной зоне, относятся осиновые, березовые и березово-осиновые колки поймы и арены (первой надпойменной террасы). Также необходимо отметить формирование антропогенных колков и трансформацию природных в результате оседания земной поверхности при шахтных подработках, в частности, в Западном Донбассе [4]. В результате этого образуются антропогенные и трансформированные колковые экосистемы, с характеристиками пионерных группировок, где наряду с ареным, мезогигрофильным и гигрофильным комплексами в травостое широко представлены рудеральные виды [7; 19].

Аренные и пойменные колки и условия их формирования исследованы А. Л. Бельгардом и другими авторами [1; 5; 7–10; 19]. Цель данной работы – классификация и ординация лесной растительности колков Северной Степи Украины (Днепропетровская обл.).

Материал и методы исследований

Исследования проводили на территории Самарского бора (Военлесхоз и Новомосковский гослесхоз Новомосковского р-на Днепропетровской обл.), где представлены типичные для северостепной зоны естественные колковые экосистемы, а также в Павлоградском районе Днепропетровской области (Западный Донбасс) возле сел Соновка, Богуслав и Богдановка, где в результате оседания дневной поверхности формируются антропогенные колки и трансформируются естественные.

Закладку пробных площадей проводили в рамках исследований структурных особенностей лесных интразональных экосистем [8; 9] с закладкой трансект из непрерывных площадок [6]. В пределах пробных площадей закладывали серии площадок 100 м² и проводили их геоботаническое описание. В ходе описаний определяли численность видов травянистых растений [12], кустарничков, а также самосева, всходов и подростов древесных пород, высота которых не превышала среднюю высоту травянистого яруса. В качестве учетной единицы выбирали парциальные побеги или кусты [14], особь – для моноцентрических видов и компактный клон – для плотнокустовых злаков [15]. Виды определялись по «Определителю высших растений Украины» [11] с уточнениями [16]. Анализ растительности состоял из нескольких этапов [18].

1. Предварительная классификация описаний (древесный ярус) с использованием технологии запросов базы данных.

2. Кластеризация описаний по количественным показателям видов травостоя (с учетом кустарничков, самосева, всходов и подростов древесных пород) – по матрице коэффициента Серенсена – Чекановского с кластеризацией по бета-гибкой стратегии Ланса.

3. Непрямая ординация описаний методом неметрического многомерного шкалирования (Non-metric Multidimensional Scaling – NMS) [13] с интерпретацией осей NMS [20] с использованием коэффициента тау Кэндалла.

4. Оценка выделенных групп методами MRPP [21] с оценкой выделенных единиц методами дискриминантного анализа [3].

Расчеты проводили в пакетах Statistica 6.0 и PC-ORD 5.0.

Результаты и их обсуждение

В рамках анализа растительного покрова с использованием формальных методов многомерной статистики предлагается при классификации растительного покрова использовать иерархический подход [2] с выделением следующих единиц – мезофитоценозов и микрофитоценозов. Последние соответствуют микросайтам, выделяются на основе константных видов и характеризуются площадью порядка 100 м².

Предварительная классификация описаний в базе данных выявила наличие следующих мезофитоценозов (выделялись по древесному полог и локализации колков).

1. Краткопоемные осинники.
2. Аренные осинники с примесью сосны обыкновенной.
3. Аренные осинники с примесью березы бородавчатой.
4. Аренные осинники с примесью дуба черешчатого.
5. Чистые аренные осинники.
6. Антропогенные березово-осиновые колки.
7. Антропогенно-трансформированные березово-осиновые колки.

Кластеризация геоботанических описаний в целом подтвердила правильность выделения представленных выше растительных группировок, а также позволила их уточнить. Локализовано 13 групп (микрофитоценозов).

1. Краткопоемные чернокленовые (*Acer tataricum* L.) осинники со звездчаткой дубравной (*Stellaria holostea* L.) с примесью дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и вяза (*Ulmus laevis* Pall.) с *Euonymus europaea* L. и классическими неморальными видами в травостое.

2. Осинники с бором развесистым (*Milium effusum* L.) с примесью березы бородавчатой.

3. Осинники с бором развесистым с содоминантной *Festuca beckeri* (Hack) Trautv.

4. Осинники кипрейно-узколистномятликовые (*Epilobium hirsutum* L., *Poa angustifolia* L.).

5. Антропогенно трансформированные осинники с бором развесистым (содоминантная *Lathyrus palustris* L.).

6. Пакленовые осинники ландышевые (*Convallaria majalis* L.) с примесью дуба и *Euonymus europaea* L.

7. Пакленовые осинники развесистоборово-ландышево-земноводногорцевые (*Milium effusum* L., *Convallaria majalis* L., *Persicaria amphibia* (L.) Delabre) с примесью дуба и *Euonymus europaea* L.

8. Осинники развесистоборово-молиниевые (*Milium effusum* L., *Molinia caerulea* (L.) Moench) с примесью липы сердцелистной.

9. Осинники дубравномятликовые (*Poa nemoralis* L.).

10. Осинники с овсяницей Беккера (*Festuca beckeri* (Hack) Trautv.).

11. Осинники с вейником наземным (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth).

12. Антропогенные осинники с примесью березы и рудеральным комплексом видов в травостое.

13. Антропогенные осинники с пыреем (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) и рудеральным комплексом видов в травостое.

Проверка классификации методами MRPP показала высокую правильность выделения фитоценозов: показатель внутригруппового согласия составляет 0,87.

Оценка экотопов выделенных микрофитоценозов проводилась методами дискриминантного анализа фитоиндикационных показателей основных типов режимов – термоклимат (*Tm*), континентальность (*Kn*), омбро- (*Om*) и криоклимат (*Cr*), освещен-

ность (*Lc*), почвенное увлажнение (*Hd*), солевой (*Tr*), кислотный (*Rc*) и азотный (*Nt*) режимы, содержание гумуса (*Hm*). Дискриминантный анализ показал следующее.

1. Показатели перечисленных факторов оказались значимыми для модели переменными: различия экотопов выделенных фитоценозов проявлялись по всем факторам среды.

2. Классификационная матрица во всех случаях подтвердила правильность классификации (для 12 групп точность составила 100 %): выделенные фитоценозы статистически достоверно отличаются по характеристикам экотопов. Усредненные фитоиндикационные характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Фитоиндикационные балльные характеристики экотопов фитоценозов колковых лесных экосистем

Фитоценоза*	<i>Tm</i>	<i>Kn</i>	<i>Om</i>	<i>Cr</i>	<i>Hd</i>	<i>Tr</i>	<i>Rc</i>	<i>Nt</i>	<i>Lc</i>	<i>Hm</i>
1	8,4	8,2	7,9	7,9	13,1	7,6	7,9	6,0	4,7	3,6
2	8,0	8,8	7,9	7,1	12,6	6,7	6,5	5,0	4,3	3,3
3	8,5	9,1	7,9	7,5	12,2	7,7	7,5	5,3	3,9	3,4
4	8,8	8,9	7,8	7,8	12,3	8,6	7,7	5,8	3,3	3,4
5	8,1	8,4	7,7	7,2	11,6	7,9	6,9	5,6	3,1	3,1
6	8,7	8,1	8,4	8,4	12,9	5,9	6,8	5,3	4,6	2,9
7	8,4	8,5	8,2	7,6	13,9	6,8	6,5	5,8	4,4	2,9
8	8,5	8,4	8,1	8,0	14,1	6,4	6,4	5,0	4,2	3,0
9	8,3	8,8	7,9	7,2	12,1	7,0	6,7	4,9	4,3	3,2
10	8,4	9,1	7,7	7,2	10,4	7,8	7,5	4,6	3,6	2,7
11	8,4	9,0	7,7	7,6	11,0	7,8	6,8	5,9	3,6	2,6
12	7,6	9,0	7,5	6,5	13,2	7,5	7,3	7,0	2,2	3,4
13	7,9	9,1	7,7	6,9	12,1	8,9	6,9	7,3	2,7	2,6

Примечание: * – нумерация фитоценозов соответствует приведенной выше в тексте.

Как видно из фитоиндикационных показателей, выделенные фитоценозы характеризуются резко отличными режимами климатических и эдафических факторов. Исходя из фитоиндикационных показателей экотопов можно уточнить характеристики типов лесорастительных условий для выделенных фитоценозов (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики типов лесорастительных условий колковых лесных экосистем

Тип леса	Трофотоп	Гигротоп
Краткопосевный чернокленовый осинник со звездчаткой дубравной	<i>D</i> , кальцефильный	мезогигрофильный (3)
Березо-осинник с бором развесистым	<i>C</i> , ацидофильный	гигромезофильный (2–3)
Осинник с бором развесистым и овсяницей Беккера	<i>C</i>	мезофильный (2)
Осинник с мятликом узколистным	<i>C</i> , галофильный	мезофильный (2)
Антропогенно трансформированный осинник с бором развесистым	<i>C</i>	ксеромезофильный (1–2)
Пакленовый осинник с ландышем	<i>B</i>	мезогигрофильный (3)
Пакленовый осинник с ландышем и горцем земноводным	<i>C</i> , ацидофильный	гигрофильный (4)
Пакленовый осинник с молинией	<i>BC</i> , ацидофильный	гигрофильный (4)
Осинник с мятликом дубравным	<i>C</i> , бедный азотом	мезофильный (2)
Осинник с овсяницей Беккера	<i>C</i> , бедный азотом	ксерофильный (0–1)
Осинник с вейником наземным	<i>C</i>	мезоксерофильный (1)
Антропогенный осинник рудеральный	<i>C</i> , нитрофильный	мезогигрофильный (3)
Антропогенный осинник с пыреем	<i>C</i> , галофильный, нитрофильный	мезофильный (2)

По матрице расстояния Махаланобиса методом максимального корреляционного пути (Выханду) [17] построена дендрограмма близости экологических режимов экотопов (рис. 1). Дендрограмма по структуре напоминает «морскую звезду». Ее лучи указывают на наличие нескольких рядов гидрогенного и эдафогенного замещения, а центр образуют устойчивые группы типов лесорастительных условий. Климато-гигрогенно-эдафогенный условный центр экотопов исследованных колков формируют березо-осинники с бором развесистым и осинники с мятликом дубравным. Первые в результате антропогенной сукцессии сменяются трансформированными осинниками с бором развесистым ксеромезофильного типа. Таким образом, формируется короткий ряд гидрогенного замещения.

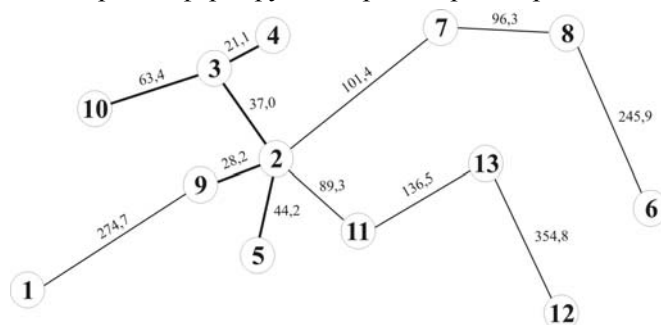


Рис. 1. Дендрограмма близости экологических режимов экотопов колковых лесных экосистем

Вторую устойчивую группу формируют мезофильные осинники с бором развесистым и овсяницей Беккера и осинники с мятликом узколистым (галофильный вариант). К первым примыкают осинники с овсяницей Беккера на почвах, бедных азотом, переходные к ксерофильным сосновым ареным борам. Здесь формируется аренный ряд трофогенно-гигрогенного замещения, характерный для небольших колков, вкрапленных в сосновые боры первой надпойменной песчаной террасы (арены).

Антропогенный ряд гидрогенного замещения, формирующийся в результате подтопления шахтными водами, представлен осинниками с вейником наземным, характерными для больших колков глубокой арены, осинниками с пыреем и осинниками с травостоем из рудеральных видов. Ацидофильно-гигрофильный ряд пакленовых осинников с ландышем и молинией характерен для колков, формирующихся в сравнительно глубоких западинах арены в окружении мезогигрофильных сосновых боров. Отдельно выделяются краткопоемные чернокленовые осинники со звездчаткой дубравной.

Результаты ординации колковых экосистем методом неметрического многомерного шкалирования (рис. 2) с одной стороны показывают выделение компактных групп. В частности четко выделяются краткопоемные чернокленовые осинники со звездчаткой дубравной и пакленовые осинники с ландышем. С другой стороны, колковые экосистемы характеризуются непрерывным варьированием вдоль основных осей ординации.

Оси NMS статистически достоверно коррелируют со следующими режимами (табл. 3).

Таблица 3

Идентификация осей NMS интразональных лесных экосистем террас малых рек*

Ось	<i>Tm</i>	<i>Kn</i>	<i>Om</i>	<i>Cr</i>	<i>Hd</i>	<i>Tr</i>	<i>Rc</i>	<i>Nt</i>	<i>Lc</i>	<i>Hm</i>
NMS-1	–	0,34	–	–0,40	–0,40	–	–0,26	–0,29	–0,21	–0,25
NMS-2	–	–	–0,20	–	–0,27	–	0,27	–	0,20	–
NMS-3	–0,33	–	–0,48	–0,26	–0,19	0,25	–	0,34	–0,24	–0,17

Примечание: * – показаны только значимые коэффициенты тау Кэндалла.

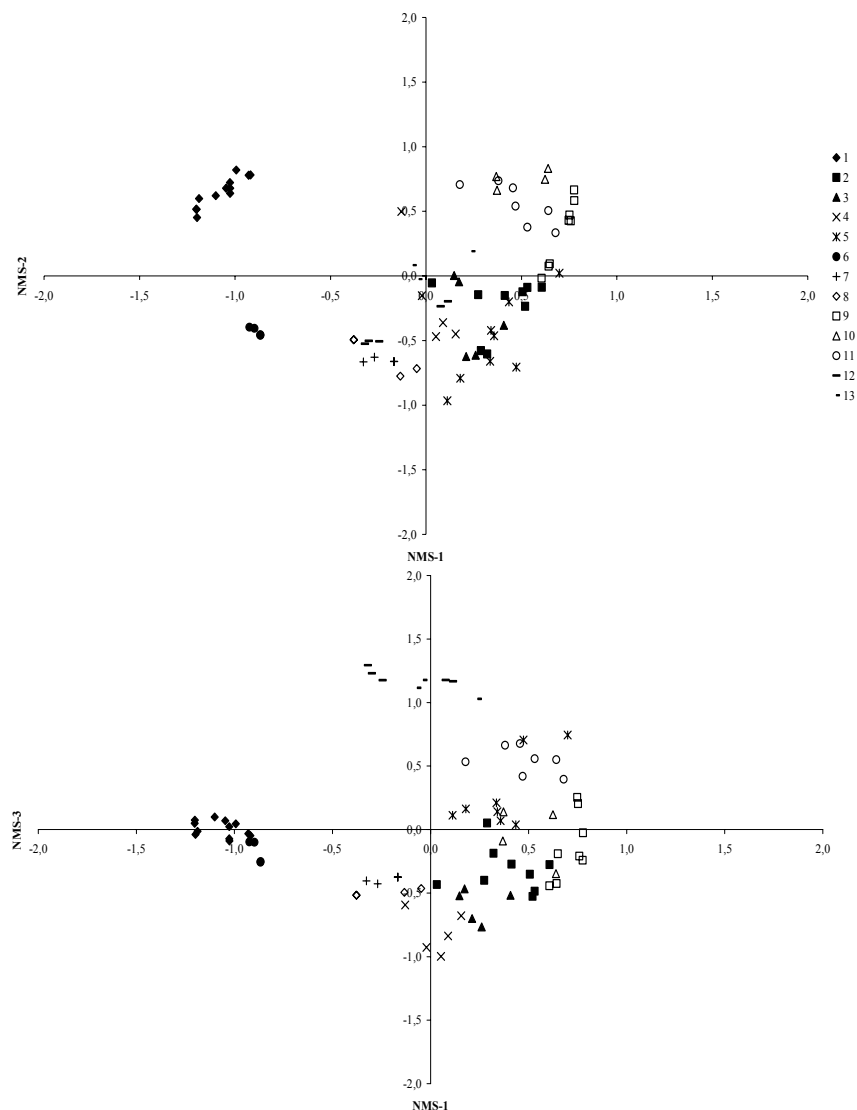


Рис. 2. Ординация фитоценозов колковых лесных экосистем в пространстве первых осей неметрического многомерного шкалирования (центроиды групп)

Прежде всего необходимо отметить, что невозможно идентифицировать оси NMS конкретным экологическим фактором. Однако следует отметить, что наиболее значимыми факторами по первой оси являются уменьшение зимних температур и уменьшение почвенного увлажнения (ксерофилизация), а также рост амплитуды годовых температур (режим континентальности); по второй оси – уменьшение почвенного увлажнения и кислотности почв, что четко связано с колебанием уровня грунтовых вод и режимом подтопления. Положение фитоценозов в эколого-ценотическом пространстве представлено на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, краткостебельные пахленовые осинники образуют компактную группу, резко отличную от прочих. Также отдельную группу образуют пахленовые осинники с ландышем.

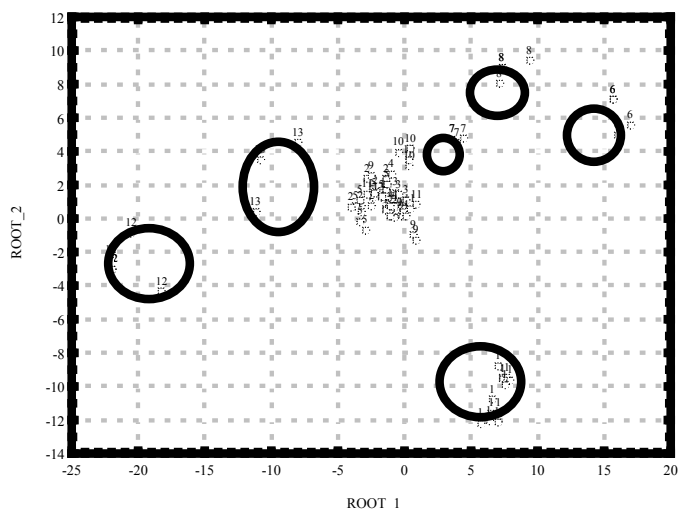


Рис. 3. Распределение колковых лесных экосистем в эколого-ценотическом пространстве (ROOT_1 и ROOT_2 – дискриминантные функции)

Прочие колковые экосистемы образуют четкий сукцессионный ряд, связанный прежде всего с изменением характера увлажнения – от антропогенных осинников с рудеральным травостоем, образующихся в понижениях в результате подтопления шахтными водами через антропогенные осинники с пыреем к природным колковым экосистемам, и далее до гигрофильных осинников с ландышем и горцем земноводным к осинникам с молинией.

Выводы

Анализ растительности колковых лесных экосистем с использованием методов многомерной статистики позволяет выделять и уточнять классификационные и типологические единицы, которые отвечают естественным лесным экосистемам. Результатом анализа явилась классификация колковых экосистем с выделением соответствующих фитоценозов и на их основе уточнение и детализация типологии колковых лесных экосистем в рамках типологии степных лесов А. Л. Бельгарда. Выделенные классификационные и типологические единицы статистически значимо дифференцируются по экологическим и ценотическим параметрам.

Охарактеризованы экологические и ценотические параметры колковых лесных экосистем, для которых обосновано наличие рядов гигрогенного и эдафогенного замещения и сукцессионных рядов. Приведена фитоиндикационная характеристика ведущих режимов экологических факторов. Ведущими факторами, определяющими характеристики, структуру и сложение колковых лесных экосистем, являются уменьшение почвенного увлажнения, рост амплитуды годовых температур и кислотность почв.

Библиографические ссылки

1. **Бельгард А. Л.** Степное лесоведение. – М. : Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
2. **Заугольнова Л. Б.** Иерархический подход к анализу лесной растительности малого речного бассейна (на примере Приокско-Террасного заповедника) // Ботан. журн. – 1999. – Т. 84, № 8. – С. 42–56.
3. **Заугольнова Л. Б.** Анализ растительного покрова лесной катены в антропогенном ландшафте (на примере бассейна р. Жилетовки Подольский район Московской области) / Л. Б. Зауголь-

- нова, И. И. Истомина, Е. В. Тихонова // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 2000. – Т. 105, вып. 4. – С. 42–52.
4. **Зверковский В. Н.** Тотально-катастрофические сукцессии лесной растительности долины реки Самара в районе Западного Донбасса // Вопросы степного лесоведения и лесной рекультивации земель. – Д. : ДГУ, 1997. – С. 65–70.
 5. **Лоза І. М.** Еколого-біологічна характеристика осиково-березових колків Придніпров'я, їх охорона та раціональне використання: Автореф. дисс. ... канд. біол. наук. – Д. : ДНУ, 2000. – 17 с.
 6. **Маслов А. А.** Количественный анализ горизонтальной структуры лесных сообществ. – М. : Наука, 1990. – 160 с.
 7. **Назаренко Н. М.** Фітоіндикація екологічних режимів в осиково-березових гайках, що формуються на ділянках осідання Західного Донбасу / Н. М. Назаренко, І. М. Лоза // Й. К. Пачоський та сучасна ботаніка. – Херсон : Айлант, 2004. – С. 232–237.
 8. **Назаренко Н. М.** Структурні особливості екосистем березово-осикових колків за умов шахтних підробок Західного Донбасу / Н. М. Назаренко, І. М. Лоза // Питання біоіндикації та екології. – Вип. 12, № 1. – Запоріжжя : ЗДУ, 2007. – С. 3–10.
 9. **Назаренко Н. М.** Просторова організація екосистем березово-осикових колків Присамар'я Дніпровського / Н. М. Назаренко, І. М. Лоза // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. – 2008. – Вип. 16, т. 1. – С. 158–163.
 10. **Назаренко Н. М.** Едафічні режими інтразональних лісових екосистем терас малих річок північної частини Степової зони України / Н. М. Назаренко, І. М. Лоза // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. – 2008. – Вип. 16, т. 2. – С. 105–111.
 11. **Определитель** высших растений Украины / Д. Н. Доброчаева, М. И. Котов, Ю. Н. Прокудин и др. / Под ред. Ю. Н. Прокудина. – К. : Наукова думка, 1987. – 548 с.
 12. **Понятовская В. М.** Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника. – М. – Л. : АН СССР, 1969. – Т. 3. – С. 209–299.
 13. **Пузаченко Ю. Г.** Анализ организации растительного покрова методами ординации / Ю. Г. Пузаченко, А. Г. Санковский // Журнал общей биологии. – 1992. – Т. 53, № 6. – С. 757–773.
 14. **Смирнова О. В.** Объем счетной единицы при изучении ценопопуляций растений различных биоморф // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). – М. : Наука, 1976. – С. 72–80.
 15. **Смирнова О. В.** Структура травяного покрова широколиственных лесов. – М. : Наука, 1987. – 208 с.
 16. **Тарасов В. В.** Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів. – Д. : Вид-во ДНУ, 2005. – 276 с.
 17. **Терентьев П. В.** Метод корреляционных плеяд // Вестник Ленинград. гос. ун-та. – 1959. – № 9. – С. 137–141.
 18. **Ханина Л. Г.** Новый метод анализа лесной растительности с использованием многомерной статистики (на примере заповедника Калужские Засеки) / Л. Г. Ханина, В. Э. Смирнов, М. В. Бобровский // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 2002 – Т. 107, вып. 1. – С. 40–47.
 19. **Loza I. M.** New wetlands formation in subsidence hollows of western Donbass, Ukraine / I. M. Loza, N. N. Nazarenko // Environmental Role of Wetlands in Headwaters / Ed. J. Krecek, M. Haight. – Netherlands : Springer, 2006. – P. 135–141.
 20. **Persson S.** Ecological indicator values as an aid in the interpretation of ordination diagrams // Journ. of Ecol. – 1981. – Vol. 69, N 1. – P. 71–84.
 21. **Zimmerman G. M.** Use of an improved statistical method for group comparisons to study effects of prairie fire / G. M. Zimmerman, H. Goetz, P. W. Mielke // Ecology. – 1985. – Vol. 66, N 2. – P. 606–611.

Надійшла до редколегії 15.09.2010