

ОЦІНКА РІВНОМІРНОСТІ РОЗТАШУВАННЯ ЛІСОТВІРНИХ ПОРІД СОСНОВИХ ЛІСІВ В УМОВАХ АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ

М.А. Бондарук, А.Г. Целищев

Украинский НИИ лесного хозяйства
и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого

ОЦЕНКА РАВНОМЕРНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД СОСНОВЫХ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Показано, что для средневозрастных сосновых насаждений в районах Полесья и Лесостепи в зоне действия разных производств наиболее характерный тип распределения является случайный. Действие хронического аэротехногенного загрязнения проявляется в задержке образования биогрупп в процессе возрастного развития сосновых насаждений.

Ключевые слова: лесообразующая порода, сосновый лес, аэротехногенное загрязнение.

M.A. Bondaruk, A.G. Tselishchev

ESTIMATION OF REGULARITY OF MAIN SPECIES ACCOMMODATION OF PINE FORESTS UNDER THE AEROTECHNOGENIC POLLUTION

It is statistically proved that the most common distribution type for middle-aged pine stands in Polissya and Steppe-and-Forests zones on the territories polluted with different manufactures, is randomized. The effect of chronic aerotechnogenic pollution is shown as the delay of biogroup formation in the process of age development of pine stands.

Key words: pine forests, aerotechnogenic pollution.

Горизонтальна будова закріплених на субстраті організмів виразно реалізується у формуванні угруповань деревних (багатолітніх) видів рослин, що становить одну з перманентних проблем, пронизуючи усі аспекти теоретичної та практичної діяльності у лісівництві.

Про значення, яке надається визначенню чинників певного розташування рослин, ми маємо змогу судити з такого твердження: «Определение и изучение характера размещения не является ни задачей само по себе, ни только оригинальным и интересным опытом, а важным этапом выработки нового мощного экологического метода» (Фрей, 1968).

Найбільш далекоглядні лісівники, такі як М.К. Турський, ще в ХІХ віці розпочинали великомасштабне картування розподілу дерев на пробних площах, хоча й не мали у своєму розпорядженні методів об'єктивного кількісного аналізу даних такого роду. Тепер такі методи з'явилися, але незважаючи на це, відомий фітоценолог Б.М. Міркін вважає: «Проблему исследования горизонтальной структуры можно смело назвать одной из самых сложных в фитоценологии. Многомерность вариаций растительности, взаимопереплетение внутренних и внешних факторов и индивидуалистичность распределенный видов по их градиентам делают мозаики растительности трудно интерпретируемыми» (1985, с. 55).

В аналізі горизонтальної структури прийнято виділяти два аспекти: одновидовий (популяційний) і багатовидовий (ценотичний). В означеному колі досліджень нас цікавить розташування деревних видів у межах території, яку займає явно одна популяція на відстанях, що припускають безпосередню взаємодію особин.

Вивчення закономірностей розташування на певній площі угруповань відмінних ценопопуляцій деревних порід в різних типах лісу супроводжується порушенням ряду дискусійних питань, наприклад про найбільш характерний для дерев тип розташування (Плотников, 1979; Выгодская, 1981; Томпро, 1986; Пегов, 1997), зв'язок останнього з типом розмноження, рясністю й неоднорідністю середовища угруповання (Василевич, 1969; Миркин, Розенберг, 1978).

Розрізняють три основні типи розподілу: регулярний, випадковий і контагіозний (агрегований, груповий) (Василевич, 1969; Грейг-Смит, 1967). Останнім часом в межах цих основних типів досить часто виділяють ряд більш дрібних категорій для підвищення точності опису розташування виду (Bouxin, Gautier, 1982; Маслов, 1988).

Прикладом регулярного розподілу судинних рослин у лісовому середовищі можуть бути схеми посадки лісових культур, але до їх відповідного віку. У природних умовах регулярність у строгому розумінні знайти майже неможливо, хоча досить звичайним є розташування, яке відхиляється від випадкового в бік сильнішої регулярності. Рівномірне розташування спостерігається в тому разі, коли вірогідність знаходження однієї особини у безпосередній близькості від іншої менше деякої відстані (Василевич, 1969; Гиляров, 1990). Іншими словами, у взаєморозташуванні особин повинен виявлятися певний антагонізм.

Коли щільність рослин одного виду є велика, нерідко спостерігається їх рівномірний розподіл. У гущавині ялиника, наприклад, стовбури сусідніх дерев віддалені один від одного на відстань, що дорівнює сумі радіусів двох крон (Гиляров, 1990). У разі остронь стоячого дерева затінення кроною деякого простору навкруги його стовбура може заважати природному відновленню, створюючи таким чином зону різко зниженої вірогідності появи інших особин цього виду (Silvertown, 1982).

Випадковий розподіл зустрічаємо серед найрізноманітніших груп організмів, і виникає він тоді, коли сила й напрям впливу на природне суспільство абіотичних і біотичних факторів випадково змінюється в часі та просторі (Гиляров, 1990). Як показали за допомогою радіальних функцій розподілу А.І. Бузикін із співавторами (Структура..., 1987), випадкове розташування дерев характерне для середньовікових соснових і ялицевих насаджень Сибіру. У соснових лісах перехід до випадкового розташування особин повністю завершується вже у 55 років. Саме такі висновки отримані Н.А. Піроговим та Г.В. Філіпповим (1981) для сосняків за допомогою розрахунку звичайного індексу відношення дисперсії до середнього. В.В. Плотніков (1979) за допомогою порівняльної обробки власних даних і даних відносно пробних площ інших авторів виявив, що випадковий тип розташування є характерний для чистих деревостанів сосни, ялини, ялиці, модрина, дуба, осики, липи та берези. Найбільш ґрунтовний матеріал з цього приводу узагальнив Є. Томппо (1986). За допомогою одного з методів аналізу відстаней він обробив дані 1300 пробних площ у південній Фінляндії. Для ялини й сосни частина площ, де виявлено (на 95 %-му довірчому рівні) контагіозний тип розташування, становить всього 17-18 %. А.А. Маслову (1990) ні в одному з досліджених типах лісу (5 соснових і 5 ялинових) і ні для жодної деревної породи не вдалося статистично вірогідно довести швидкий тип розповсюдження.

Плямистий або контагіозний розподіл зустрічається в природі найчастіше. Чинники, що сприяють плямистому розподілу, різноманітні. Насамперед серед них розрізняють такі (Hutchinson, 1953): 1) векторні, які відзначаються градієнтами різних абіотичних факторів (світла, температури, вологості, концентрації біогенних елементів і т. п.); 2) пов'язані зі способом розмноження й розселення молодих особин (наприклад, куртина будь-якого виду рослин, що з'явилися внаслідок вегетаційного розмноження однієї особини); 3) поведінкові (формування згай, гніздових колоній і т.п.); 4) пов'язані із взаємодією різних видів (конкуренція, знищення хижаками і т.п.).

Куртинне розташування липи (а інколи й ялини) неодноразово відзначали лісівники в липо-ялиниках (Дьліс, 1969). Причому підкреслювалось, що розташування листяних порід у змішаних деревостанах помітно відрізняється від рівномірного розташування ялини (Маслов, 1990). Тенденцією до контагіозності при випадковому розташуванні дерев у ялинику неморально-кисличному для осики, у липо-ялинику для дуба, осики та липи виявив методом ітерацій А.А. Маслов (1990), і в лісі з видів дуба, граба та клена – П. Еліаш (1984).

В.І. Good і С.А. Whipple (1982), які застосували методику аналізу відстаней, також пишуть про переважність контагіозного розташування у більшості видів дерев у змішаних заплачних лісах Південної Кароліни. Причина цього, з одного боку, можливо полягає в розповсюдженні серед листяних порід вегетаційного (порослевого) відновлення, що спричиняє вихідну появу близьких стовбурів. З іншого боку, як відзначає Н.Н. Вигодська (1981), контагіозність розташування найбільш характерна для видів дерев підпорядкованих наметів або ярусів. Це наближає дерева нижніх наметів або ярусів деревостану до підросту, який майже завжди в різних типах лісу утворює куртини.

Ефект виокремлення дерев у групи в молодому віці, як відзначає А.І. Бузикін зі співавторами (1987), пояснюється, по-перше, наявністю екологічно сприятливих ділянок

для появи та росту молодих рослин, що пов'язано з екологічною гетерогенністю території заселення. По-друге, ефект взаємного тяжіння зумовлений позитивним впливом куртин на зростання та формування дерев на етапі відновлення, коли конкуренція між деревними рослинами набагато слабкіша, ніж з іншими видами рослин. Тому на невідповідне, групове розташування підросту або дерев в молодниках природного походження вказують і А.І. Бузикін зі співавторами (1987), і С. Уїпл (1980), і Ю.В. Тітов з С.Н. Шереметьєвим (1984), та Л.А. Пегов (1997). Для більшості видів підліска, особливо в змішаних і листяних лісах, також характерне контагіозне розташування або випадкове з тенденцією до контагіозного (Маслов, 1990). Це дозволяє розглядати тип розташування різних деревних порід як важливий фактор, що визначає характер розташування на площі угруповань видів нижніх ярусів.

Недостатня визначеність характеру просторової структури ценопопуляцій як показника життєздатності виду в угрупованні сприяє різним трактуванням даного питання. Вважається, наприклад, що випадкове розташування виду на площі свідчить про його процвітання, а групове – про його пригніченість в угрупованні (Миркин, Янтурин, 1981; Янтурин, 1981). Відомо також, що груповий (контагіозний) розподіл рослин переважає в природі (Грейг-Смит, 1967; Уиттекер, 1981) і є особливо характерний для ювенільних особин (Anderson, 1969; Работнов, 1969; Григорьева и др., 1977). Але одночасно плямисте розташування визначається як досить звичайне і для дорослих рослин у стійких і високопродуктивних деревостанах хвойних порід (Проскураков, 1972; Іпатов, Тархова, 1975). Крім того, структура ценопопуляції безперервно змінюється у процесі їх розвитку і під впливом зовнішніх умов. На засівах *Tagetes patula* L., *Sinapis alba* L., у культурі *Picea sitchensis* (Ford, 1975) і *Castanea sativa* Mill. (Ford, Newbold, 1970), в угрупованнях *Pinus ponderosa*, що виникли самосівом після загибелі від пожару материнського деревостану (Ford, Newbold, 1970), виявлена загальна закономірність у формуванні горизонтальної структури груп. Регулярне (у культурах) або випадкове розташування сходів рослин змінюється на групове. У подальшому з посиленням диференціації й відпаду рослин відбувається постійний перерозподіл груп на площі, змінюються їх розміри, контури, розташування центрів. Рослини, що вижили, розподіляються випадково або рівномірно, а великі екземпляри – переважно рівномірно. Чи є встановлена закономірність спільною для інших видів, які розмножуються насінням, чи зберігається вона за несприятливих для виду екологічних і біотичних умов? Які особливості розташування різних екологічних і вікових груп рослин у ценопопуляціях? На ці питання поки що немає певних відповідей.

Таким чином, на основі даних літературних джерел можна стверджувати, що регулярний розподіл характерний для молодняків хвойних порід штучного та природного походження за великої густоти. Для більшості чистих середньовічних деревостанів з хвойних порід характерний випадковий тип розташування дерев на облікових площах. Контагіозний тип розташування переважає у різновікових змішаних і листяних деревостанах (особливо порістового походження). Просторове розташування (розподіл) виду безперечно є важливий показник його життєздатності в угрупованні, умов екоотопу, напруженості внутрішньо- та міжвидової конкуренції, але для правильного використання цього показника необхідно знати, поряд з іншими особливостями ценопопуляції, закономірності формування їх просторової структури. Відповідні зміни характеру поширення видів по площі повинні відбуватися за процесом вікової динаміки їх популяцій. Але ці дані досить суперечливі, і це питання, очевидно, повинно вирішуватись окремо для кожного виду та певного типу умов місцезростання (Григорьева и др., 1977).

Виявлення ступеня зміни основних закономірностей вертикальної та горизонтальної структури середньовікових соснових деревостанів під впливом емісій фітотоксикантів різних виробництв ми розглядаємо як один з підходів до вивчення структурно-функціональних зв'язків лісового суспільства в умовах антропогенезу.

Під час проведення аналізу горизонтальної структури верхніх ярусів соснових насаджень, окрім основної мети (оцінка рівномірності розташування лісотвірних порід соснових лісів в зоні дії різних виробництв) нами були сформульовані додаткові завдання, які, логічно доповнюючи головне, розраховані на перспективу:

1) перевірити на практиці дискусійне твердження про те, що нерівномірність розташування видів пов'язана з природною і (або) антропогенною неоднорідністю середовища угруповань;

2) зробити свій внесок у вирішення питання щодо найбільш характерного для середньовікових культур сосни звичайної типу розташування в умовах B_2 і C_2 (на даний час це питання більш розроблено з погляду типології Сукачова);

3) розпочати довгостроковий експеримент на стаціонарах у різних кліматичних зонах України для спостережень за розташуванням деревних видів на площі в процесі вікової динаміки їх популяцій та для визначення ступеня впливу на цей процес антропогенних факторів.

Дослідження проводили на восьми пробних площах (ПП), які були закладені в середньовікових соснових насадженнях Клеванського (чотири ПП) та Балаклійського (чотири ПП) лісгоспів, що знаходяться на різній відстані відповідно від Рівненського виробничого об'єднання «Азот» (РВО «Азот») і Балаклійського цементно-шиферного комбінату (БЦШК). Відповідно до класифікації Олексієва-Погребняка-Воробйова тип умов місцезростання в районі РВО «Азот» – свіжий сугрудок (C_2), тип лісу – свіжий грабово-дубово-сосновий сугрудок. У районі БЦШК тип умов місцезростання – свіжий субір (B_2), тип лісу – свіжий чистий сосновий субір. Лісівничо-таксаційна характеристика пробних площ наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Лісівничо-таксаційна характеристика деревостанів сосни звичайної в зоні дії РВО «Азот» та БЦШК

№ ПП/ квартал	Напрямок, відстань, км	Площа, га	Вік, років	Кількість		Повно- та	Боні- тет	Індекс стану
				шт.	шт./га			
РВО «Азот» (C_2)								
1/43	ПнС-4,5	0,25	66	122	488	0,39	II	2,77
2/34	ПнС-7,5	0,25	62	131	524	0,79	Ia	2,34
3/29	ПнС-10,0	0,25	72	115	460	0,62	I	2,40
4 к./69	ПнС-20,0	0,30	66	97	320	0,53	I	2,25
БЦШК (B_2)								
1/61	Пд-0,8	0,175	68	192	1097	0,84	II	2,81
2/66	ПдЗ-1,5	0,20	68	201	1005	0,95	I	2,58
3/66	ПдЗ-2,2	0,20	68	197	985	0,82	II	2,37
4 у.к./35	ПдС-8,2	0,26	74	208	800	0,76	I	2,43

Примітки: к – контроль; у. к. – умовний контроль.

Вплив антропогенезу на лісові екосистеми досліджувався методами порівняльної екології на пробних площах, що об'єднані в екологічні профілі за ступенем збільшення антропогенних навантажень. Пробні площі були закладені згідно з ОСТ 56-69-83 (1983), розмір їх визначався кількістю дерев (150-200 шт.).

У ході дослідження структури лісового фітоценозу у просторі використовувалася методика геоботанічного картування (Корчагин, 1976; Маслов, 1990). На схему наносилося положення кожного представника деревостану з проекцією крони. Координати вимірювалися з точністю до 0,1 м. Таксаційні показники деревостану визначалися за загальноприйнятими у лісівництві методиками (Анучин, 1977).

Загальний стан деревостану характеризували середньозваженим індексом стану згідно з «Рекомендаціями ...» (1987) та шкалою санітарного стану (Санітарні правила ..., 1995).

Вибір того чи іншого методу аналізу нерівномірності розташування багато в чому визначається особливостями польової методики. У даному випадку повне картування деревних порід дозволяє користуватися досить значною кількістю методів математичного аналізу. Після практичної перевірки трьох методичних підходів (відносної дисперсії,

методів Морсіґа та ітерацій) ми зупинились на методі ітерацій (Терентьев, 1964) – досить нескладному і розрахованому на аналіз даних за присутністю-відсутністю на трансектах. Цей метод, як видно з наведеного літогляду, неодноразово використовувався науковцями для дослідження різних типів рослинності, що робить можливим порівняння отриманих нами даних з іншими. Метод ітерацій та його застосування докладно описав В.І. Василевич (1969).

Відзначаючи на кожній ділянці присутність виду знаком «+», а його відсутність знаком «-», ми можемо отримати для трансекти таку послідовність: ++--+-++++-. Черговість знаків відповідає позиції ділянок на трансекті. Кожна група ділянок, що складається повністю з плюсів або повністю з мінусів, має назву ітерації. У наведеному прикладі шість ітерацій.

Різниця між отриманим і очікуваним числом ітерацій оцінюється за допомогою критерію Стюдента: $t = \frac{r - M}{D}$, де $M = \frac{2 n_1 \times n_2}{n_1 \times n_2} + 1$; $D = \sqrt{\frac{2 n_1 n_2 (2 n_1 n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 \times (n_1 + n_2 - 1)}}$,

де r – отримане число ітерацій; M – їх очікуване число; n_1 – число зайнятих, а n_2 – число пустих ділянок на трансекті.

Для оцінки характеру розподілу виду існує така шкала розподілів: $t + 2$ – регулярний; t від 0 до $+2$ – випадковий; $t - 2$ – контагіозний.

Згідно з А.А. Масловим (1988, 1990): t від -2 до -6 – слабкоконтагіозний; t від -6 до -10 – контагіозний; $t = -10$ – сильноконтагіозний.

У разі досліджень з закартованими пробними площами для більшої вірогідності отриманих результатів ми пропонуємо проводити розрахунки двічі. Для цього слід розбити пробну площу на трансекти у двох напрямках: по горизонталі (Г) і по вертикалі (В). Тоді формула визначення критерію Стюдента набуває такого вигляду:

$$t = \frac{r_{\Gamma} + r_{\text{В}} - M_{\Gamma} - M_{\text{В}}}{D_{\Gamma} + D_{\text{В}}}$$

Розмір ділянок зі сторонами 2, 4, 5, 6, 8, 10 м узяті умовно, але при цьому враховувалося, що ділянки таких розмірів часто використовують у дослідженнях. Зазначимо, що 2 м – це приблизна відстань між деревами у рядовій посадці 50-70-річних насаджень *Pinus sylvestris*.

Результати аналізу розташування ценопопуляцій *P. sylvestris* у районах дії повітряних емісій фітотоксикантів різних виробництв відображені у табл. 2.

У зоні дії РВО «Азот» за масштабу неоднорідності 2×2 м сосна скрізь має випадкове розташування з тенденцією до регулярного, але на рівні 4×4 м на всіх ділянках, за винятком 2/34 (найбільш молоде насадження з найвищими показниками густоти і повноти (табл. 1), знак показника t змінюється на протилежний, що свідчить про наявність у деревостані галявин розміром понад 4 м². Тенденція щодо контагіозного типу розподілу на рівні 4×4 м виявляється в такій послідовності: спочатку у найстаршому насадженні (72 роки) на ПП 3/29 ($t = -0,76$), потім контроль ($t = -0,38$) і, нарешті, дуже слаба тенденція до контагіозності ($t = -0,18$) на найбільш забрудненій ділянці. Максимальних значень на останніх двох ділянках показник t набуває при масштабі неоднорідності 5×5 м, тобто формується соснові біогрупи розміром 4-5 м², які в подальшому набувають випадкового розташування. На ПП 3/29 куртини розміром 4 м² розташовані випадково, потім тенденція до куртиноутворення знов виникає на більш високих рівнях 6×6 та 8×8 м. Однак на рівні 10×10 м виявити характер розташування дерев не вдалося (усі 100% квадратів виявилися зайнятими). Деревостан на ПП 2/34 за будь-якого масштабу зберігає тенденцію до регулярного розподілу (табл. 2).

У зоні дії Балаклійського цементно-шиферного комбінату (БЦШК) сосна майже на всіх рівнях розподіляється по всій площі відносно рівномірно з тенденцією до регулярності. Це й не дивно, якщо завважити надзвичайно великі значення густоти й повноти цих насаджень (табл. 1), пов'язані з затримкою рубок догляду у Високобірському лісництві. Проте, мабуть, під дією забруднення, на ПП 1/61 (найближча до комбінату площа) при розмірі ділянок 4×4 і 5×5 м сформувався розподіл дерев, який може бути прийнятий за

еталон випадкового. І тільки на умовному контролі в Балаклійському лісництві (ПП 4 у.к./35) при масштабі неоднорідності 5×5 м починається формування соснових біогруп, які у свою чергу розташовуються по площі випадковим чином. Відсутність розрахунків за t-критерієм на рівні 6×6 і 8×8 м в районі БЦШК пов'язана з тими ж чинниками, що і в зоні дії РВО «Азот» і пояснюється відносно більш високою повнотою цих деревостанів (табл. 1).

Отже, за будь-якого масштабу неоднорідності ні в Поліссі за умов C_2 , ні в лісостеповій зоні за умов B_2 не вдалося статистично достовірно довести не випадковий тип розташування для середньовічних деревостанів сосни звичайної, можна лише говорити про тенденції до регулярного чи контагіозного типів розподілу. Загалом це непогано узгоджується з даними інших авторів, які наведено в літогляді. А описані вище відмінності щодо тенденцій розповсюдження деревних ценопопуляцій на окремих ділянках за нашими попередніми висновками, які потребують підтвердження на більш змістовному матеріалі, пояснюються впливом комплексу факторів природного та антропогенного походження, які в кожному окремому випадку по-різному накладаються один на одний. Серед природних факторів перш за все виділяються умови місцезростання і особливості ценотичних відносин. Останні тісно пов'язані з показниками густоти та повноти, що змінюються в процесі вікового розвитку насаджень. У соснових монокультурах процес куртиноутворення (контагіозний розподіл) відбувається за такою схемою: підвищення трофності умов місцезростання ($B_2 - C_2$), або /і збільшення віку насаджень (молоді – середньовічні) → інтенсифікація росту (зростання приросту, повноти) → посилення конкурентних ценотичних відносин - інтенсифікація процесів диференціації деревостану → рубки догляду високої інтенсивності і санітарні рубки (зменшення густоти і повноти) → біогрупи дерев.

Таблиця 2

t-Показник нерівномірності розташування випадкового типу для сосни звичайної за різного розміру ділянок в районах дії повітряних емісій

№ ПП/кв.	Масштаб неоднорідності, м				
	2×2	4×4	5×5	6×6	8×8
РВО «Азот» (C_2)					
1/43	0,55	-0,18	-0,43	-0,12	-0,27
2/34	0,13	0,26	0,18	0,43	–
3/29	0,32	-0,76	-0,15	-0,32	-0,36
4к./69	0,14	-0,38	-0,49	-0,06	-0,11
БЦШК (B_2)					
1/61	0,37	0,09	-0,05	–	–
2/66	0,45	0,24	0,54	–	–
3/66	0,40	0,18	0,35	–	–
4 у.к./35	0,24	0,13	-0,32	-0,14	–

Примітки: к – контроль; у. к. – умовний контроль.

У свою чергу, дія хронічного аеротехногенного забруднення на соснові насадження спрямована не локально на якусь окрему частину пробної площі (за винятком узлісся), а розподіляється в часі та просторі випадковим чином згідно з концепцією «розподілу ризику». Відповідно щільність розташування дерев, розрахована у цілому як середня для всієї ділянки обліку, зберігається приблизно на одному рівні. Іншими словами, прямих змін у розподілі деревних видів хронічне аеротехногенне забруднення не викликає. Його вплив виявляється через затримку розвитку насаджень за такою схемою: зниження приросту → послаблення ценотичних відносин → слабка диференціація деревостану → рубки догляду низької інтенсивності з більш-менш рівномірною вибіркою дерев і санітарні рубки → випадковий розподіл дерев. Зрозуміло, що своєчасне проведення лісогосподарських

заходів суттєво впливає на розподіл дерев у насадженні через прискорення їх розвитку. А затримка з проведенням санітарних рубок та рубок догляду, тим більше в комплексі з аеротехногенним забрудненням, негативно впливають на швидкість природного процесу формування біогруп у соснових насадженнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1997. – 512 с.
- Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. – Ленинград.: Наука, 1969. – 232 с.
- Выгодская Н.Н. Радиационный режим и структура горных лесов. Ленинград: Гидрометеоздат, 1981. – 262 с.
- Гиляров А.М. Популяционная экология: Учеб. пособие. – М.: МГУ, 1990. – 191 с.
- Грейг-Смит П. Количественная экология растений. – М.: Мир, 1967. – 359 с.
- Григорьева Н.М., Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В. Особенности пространственной структуры ценопопуляций некоторых видов растений // Ценопопуляции растений: Развитие и взаимоотношения. – М.: Наука, 1977. – С. 20-36.
- Дылис Н.В. Структура лесного биогеоценоза // Комаровские чтения. Ленинград: Наука, 1969. – Вып. 21. – С. 1-56.
- Ипатов В.С., Тархова Т.Н. Количественный анализ ценологических эффектов в размещении деревьев по территории // Ботан. журн. – 1975. – Т. 60, № 9.
- Корчагин А.А. Строение растительных сообществ // Полевая геоботаника / Под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – Ленинград, 1976. – Т. 5. – С. 5-320.
- Маслов А.А. Количественный анализ горизонтальной структуры лесных сообществ. – М.: Наука, 1990. – 160 с.
- Маслов А.А. К анализу горизонтальной структуры ценопопуляций лесных растений методом итераций // Ботан. журн. – 1988. – Т. 73, № 6. – С. 836-844.
- Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии. – М.: Наука, 1985. – 136 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Фитоценология: Принципы и методы. – М.: Наука, 1978. – 211 с.
- Миркин Б.М., Янтурин С.Н. Статистический анализ влияния удобрений и погодных условий на горизонтальную структуру луга. Популяционный уровень // Биол. науки. – 1981. – № 6. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесостроительные. Метод закладки. Введ. 01.01.84 до 01.01.94.
- Пегов Л.А. Имитационное моделирование динамики горизонтальной структуры березовых древостоев: Автореф. дис... канд. биол. наук. – Л., 1997. – 20 с.
- Пирогов Н.А., Филиппов Г. В. Характер размещения деревьев в чернично-зеленомошном и чернично-долгомошном типах леса // Роль науки в создании лесов будущего. – Ленинград: ЛениИИЛХ, 1981. – С. 140-141.
- Плотников В.В. Эволюция структуры растительных сообществ. – М.: Наука, 1979. – 276 с.
- Проскуряков М.А. Размещение деревьев в еловых биогеоценозах северо-восточного Тянь-Шаня // Изв. АН КазССР Сер. Биол. – 1972. – № 1.
- Работнов Т. А. Некоторые вопросы изучения ценологических популяций // Бюл. МОИП. Отд. Биол. – 1969. – Т. 74, вып. 1.
- Рекомендации по повышению устойчивости зеленых насаждений к техногенному загрязнению атмосферы выбросами аммиака, сернистого ангидрида, окислов азота в условиях лесной и степной зон Украинской ССР: Метод. указание. – Х., 1987. – 16 с.
- Санітарні правила в лісах України. Київ, 1995.
- Структура древесных ценозов / А.И. Бузыкин, В.Л. Гавриков, О.П. Секретенко, Р.Г. Хлебопрос // Структура и функционирование лесных биогеоценозов Сибири: V Чтения памяти акад. В.Н. Сукачева. – М.: Наука, 1987. – С. 64-91.
- Терентьев П.В. Применение метода итераций в количественном учете животных // Применение математических методов в биологии. – Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1964. – Т. 3. – С. 105-110.
- Титов Ю.В., Шереметьев С.Н. Пространственное размещение растений в ценопопуляциях некоторых видов // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1984. – Т. 89, вып. 6. – С. 40-51.
- Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Мир, 1981.
- Фрей Т.Э.-А. Некоторые математические и фитоценологические аспекты изучения характера размещения в фитоценозе // Ученые зап. Тартус. ун-та. – Вып. 211 (Тр. по ботанике, № 8), 1968.
- Янтурин С.Н. Влияние экологических факторов на горизонтальную структуру лугового сообщества: Автореф. дис... канд. биол. наук. – Казань, 1981. – 20 с.

- Anderson D.J. et al. Studies on structure in plant communities. VI. The significance of pattern evolution in some Australian dry-land vegetation types // Austral. J. Bot. –1969. – Vol. 17, № 2.
- Bouxin G., Gautier N. Pattern analysis in Belgian limestone grasslands // Ibid, 1982. – Vol. 49, № 2. – P. 65-83.
- Elias P. Horizontal structure of the *Quercus* – species coenopopulation in oak-hombeam forest // Ecologia (CSSR), 1984. – Vol. 3, № 4. – P. 399-411.
- Ford E.D. Competition and stand structure in some even-aged plant monocultures // J. Ecol., 1975. – Vol. 63, № 1.
- Ford E.D., Newbold P.L. Stand structure and dry weight production through the sweet chestnut (*Castanea sativa* MIH.) coppice cycle // J. Ecol., 1970. – Vol. 58, № 1.
- Good B.J., Whipple S.A. Tree spatial patterns: South Carolina bottomland and swamp forests // Bull. Torrey Bot. Club, 1982. – Vol. 109, № 4. – P. 529-536.
- Hutchinson G.E. The concept of pattern in ecology // Proc. Acad. Natl. Sci (Phila), 1953. – Vol. 105. – P. 1-12.
- Silvertown J.W. Introduction to plant population ecology. – N.-Y.: Longman, 1982. – 209 p.
- Tomppo E. Models and methods for analysing spatial patterns of trees // Comun. Inst. Forest Fenn. – 1986. – № 138. – P. 1-65.
- Whipple S.A. Population dispersion patterns of trees in a southern Louisiana hardwood forest // Bull. Torrey Bot. Club, 1980. – Vol. 107, № 1. – P. 71-76.

Надійшла до редколегії 09.06.01