

УДК 630\*53

В. В. Коцан, аспирант (БГТУ)

**ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ТАКСАЦИОННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ДЕРЕВЬЕВ  
В КРУГАХ КОНКУРЕНЦИИ НА ПРИМЕРЕ СОСНЯКОВ МШИСТЫХ  
ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Проведено исследование по определению зависимости таксационных показателей от пространственной структуры древостоев, в ходе которого использовались электронные модели пространственного распределения деревьев на пробных площадях с автоматизированным расчетом расстояний между ними. Сделан анализ исследуемого материала и найдены закономерности строения пространственной структуры древостоев. Были построены модели зависимости таксационных показателей от пространственной структуры насаждений.

A research was conducted to identify the relationship of mensuration characteristics from spatial structure of forest stands. The research used electronic models of the spatial distribution of trees in plots with the automated calculation of distances between them. Analysis of the material was held and the patterns of spatial structure of forest stands were found. The models of relationship of mensuration characteristics from spatial structure of plantings were built.

**Введение.** В последнее время существует повышенный интерес к изучению пространственной структуры насаждений, с которой связывают конкуренцию и классификацию деревьев. Изменение пространственной структуры древостоев протекает на протяжении всей жизни насаждения и отражается на внутренней структуре древостоя, а также на общей продуктивности [1].

При интенсивном пути ведения лесного хозяйства, когда человек контролирует все этапы развития, очень важно знать оптимальную пространственную структуру древостоев, так как она является индикатором состояния лесной экосистемы. Знание оптимального размещения деревьев важно для планирования мероприятий по учету, уходу и восстановлению древостоев [1]. Но для того чтобы формировать эту структуру, первоначально необходимо изучить размещение деревьев в насаждениях. Полученные знания позволят в кратчайшие сроки добиваться требуемых результатов, что является одним из главных аспектов в лесовыращивании.

Формирование нужной пространственной структуры проводится посредством рубок ухода, одного из главных мероприятий в процессе лесовыращивания. Рубки ухода за лесом – это актуальное, необходимое, но в то же время наиболее сложное лесохозяйственное мероприятие. Сложность увеличивается из-за теоретических разногласий, противоречивости рекомендаций и погрешностей современной практики, направленной на получение быстрой выгоды [3]. Знание оптимальной пространственной структуры может улучшить эффект проведения рубок ухода благодаря правильному отбору деревьев в рубку.

Повышение продуктивности и устойчивости леса – важнейшая задача лесоводства. Изучение реакции насаждений на систематические рубки позволяет лучше познать структурно-

функциональные связи в ценозах, посредством которых обеспечивается их устойчивость. Опыт лесоводственных исследований не только расширяет познания о свойствах лесных экосистем, но и дает основания для правильного ведения лесного хозяйства [2].

**Основная часть.** В данных исследованиях используются материалы 19 пробных площадей, заложенных в 13 государственных лесохозяйственных учреждениях (Воложинский, Глусский, Гродненский, Ивацевичский, Краснопольский, Лунинецкий, Негорельский учебно-опытный, Оршанский, Поставский, Смолевичский, Хойникский опытный, Шумилинский и Щучинский лесхозы). Возраст насаждений, в которых закладывались пробные площади, варьирует от 25 до 70 лет. Для закладки выбирались сосняки мшистые с полнотой 0,8–0,9 и типом лесорастительных условий  $A_2$ .

На каждой пробной площади было проведено картирование всех деревьев методом углов и расстояний в полярной системе координат. У каждого дерева была измерена высота, два взаимно перпендикулярных диаметра ствола (С – Ю, З – В) и 8 радиусов крон (С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ).

С помощью программы QGIS были построены электронные модели всех пробных площадей [3].

Для устранения случайных измерительных ошибок при отборе данных был применен доверительный интервал с вероятностью 0,95.

При исследовании влияния пространственной структуры на таксационные показатели насаждений использовались данные, отображающие взаимосвязи между деревьями.

В этом исследовании использовались такие критерии, как расстояние между деревьями ( $L$ ) и площадь проекции кроны ( $S_{kr}$ ).

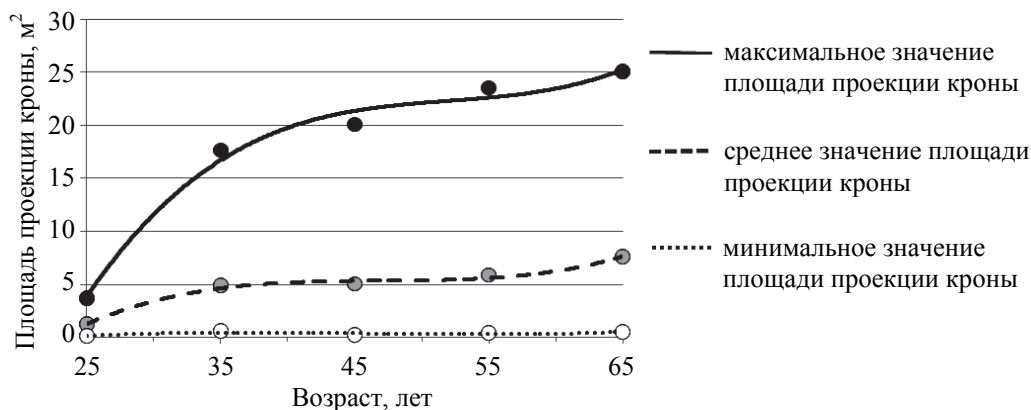


Рис. 1. Зависимость значения площади проекции кроны от возраста

Был проведен анализ площадей проекций крон и построен график (рис. 1). Из графика можно сделать вывод, что вне зависимости от возраста в насаждениях присутствуют угнетенные деревья, площади проекций крон которых имеют значение, не превышающие  $1 \text{ м}^2$ . Линия, отображающая максимальное значение, имеет схожий характер с линией средних значений. Их поведение можно объяснить проведением рубок ухода и периодами между ними. В периоды после рубок появляется свободное пространство и кроны разрастаются.

Также был проведен анализ зависимости площади проекции кроны от среднего расстояния между деревьями (рис. 2). Эту зависимость

достаточно точно ( $R^2 = 0,9362$ ) описывает полином второго порядка.

В исследованиях использовалось понятие круг конкуренции дерева. Круг конкуренции – это круг вокруг дерева с радиусом, равным среднему радиусу кроны. С целью определения круга конкуренции каждого дерева, были вычислены площади проекций крон ( $S_{kr}$ ), по которым вычислены средние радиусы крон ( $R_{kr}$ ) и построены круги конкуренции каждого дерева (рис. 3).

Рассматривалась гипотеза, что влияние на дерево оказывают деревья, круги конкуренции которых пересекают его круг конкуренции. Опираясь на данный тезис, был проведен анализ всех пробных площадей и вычислены площади пересечения кругов конкуренции (рис. 4).

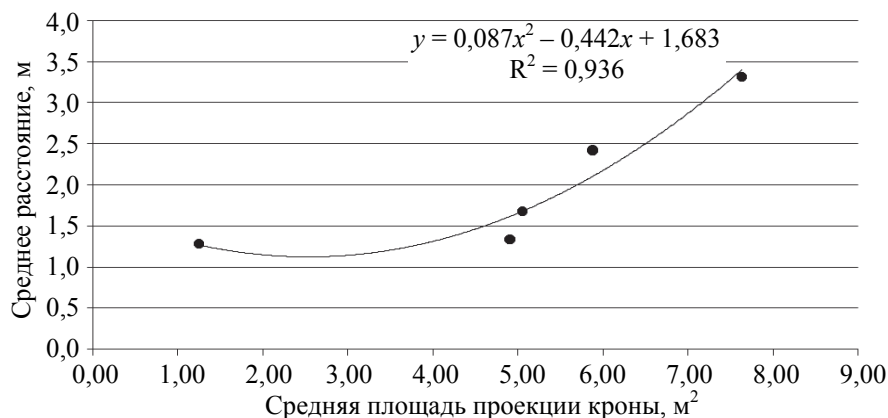


Рис. 2. Зависимость площади проекции кроны от среднего расстояния между деревьями в древостое

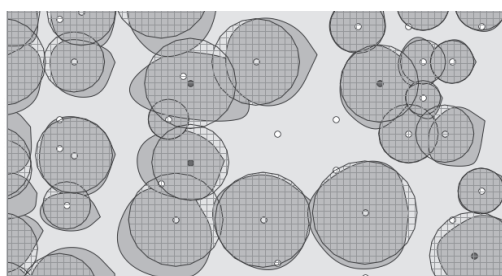


Рис. 3. Построение кругов конкуренции

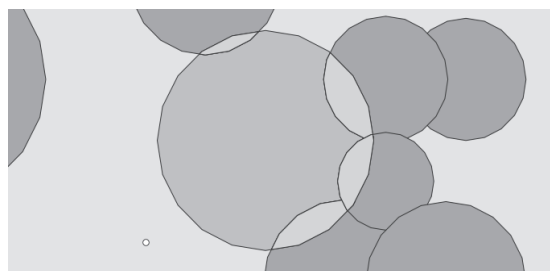


Рис. 4. Площади пересечения кругов конкуренции

Расчет вели по формулам, представленным ниже.

$$S = S_1 + S_2, \tag{1}$$

где

$$S_1 = \frac{R_1^2 (F_1 - \sin(F_1))}{2}, \tag{2}$$

$$S_2 = \frac{R_2^2 (F_2 - \sin(F_2))}{2}, \tag{3}$$

где

$$F_2 = 2 \cos \frac{R_1^2 - R_2^2 + D^2}{2R_1D}; \tag{4}$$

$$F_1 = 2 \cos \frac{R_2^2 - R_1^2 + D^2}{2R_2D}, \tag{5}$$

где  $R_1$  – радиус первой окружности;  $R_2$  – радиус второй окружности;  $D$  – расстояние между центрами окружностей.

В ходе вычисления площадей пересечений кругов конкуренции были выделены био группы с центральным деревом и влияющими на него, а также вычислено количество деревьев, влияющих на центральное в био группе. Максимальное количество влияющих деревьев в био группах варьирует на разных пробных площадях от трех до семи. Это обусловлено различной густотой и режимами ухода за лесом. В разреженных древостоях конкуренция между деревьями не большая, так как после рубки имеется достаточно свободного пространства. Поэтому максимальное количество деревьев, пересекающих круг конкуренции, – три. В густых насаждениях ситуация противоположная, воздействие на дерево оказывают до семи соседних деревьев.

Анализируя данные обработки пробных площадей, была замечена закономерность отношения объемов стволов центральных деревьев от среднего расстояния до влияющих на него деревьев в био группах в различных возрастах. Как видно на графике (рис. 5), во всех возрастах максимальные объемы стволов имеют цен-

тральные деревья, у которых среднее расстояние до влияющих деревьев меньше максимального. То есть в последующем возможно выявление оптимального расстояния в био группах.

Для определения влияния соседних в био группах деревьев на центральные были рассчитаны средние показатели влияющих (соседних) деревьев: высота ( $H_{sr_s}$ ), диаметр ( $D_{sr_s}$ ), площадь проекций крон ( $S_{sr_s}$ ), расстояние до центрального дерева ( $L_{sr}$ ), сумма площадей пересечений кругов конкуренции ( $S_{per\_sum}$ ), процент суммы пересечений кругов конкуренции от площади круга конкуренции центрального дерева ( $Pr_{per}$ ).

Высчитав вышеуказанные показатели по всем пробным площадям, были построены корреляционные матрицы. Максимальные и минимальные значения корреляции объема ствола к показателям, характеризующим пространственную структуру, приведены в таблице.

В ходе корреляционного анализа выявились связи между объемом ствола центрального дерева и средними таксационными показателями соседних деревьев ( $H_{sr_s}$ ,  $D_{sr_s}$ ). Коэффициент корреляции исследуемых пар данных варьирует от 0,05 до 0,20. Следовательно, зависимость между этими показателями незначительна и они не будут включены в строящуюся модель.

Так как целью ставилось построение зависимости таксационных показателей от пространственной структуры, то выбирался один из основных критериев – объем ствола и показатели, характеризующие пространственную структуру и имеющие большие коэффициенты корреляции (площадь проекции кроны  $S_{kr}$ , средняя площадь проекций крон соседних деревьев  $S_{sr_s}$ , среднее расстояние до центрального дерева  $L_{sr}$ , в результате апробации различных моделей на всех пробных площадях была выбрана следующая:

$$V = a + bS + cS^2 + eS_{sr_s} + kL_{sr}. \tag{6}$$

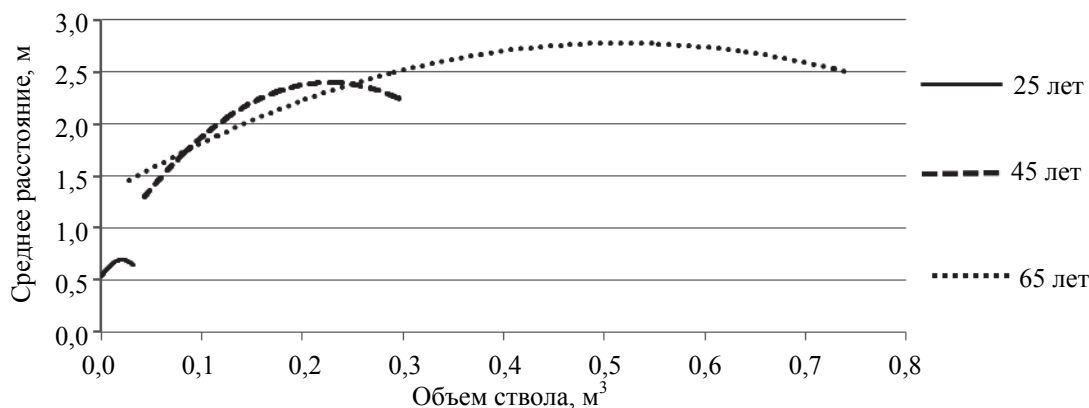


Рис. 5. Зависимость объема ствола от среднего расстояния до ближайших деревьев

**Минимальные ( $R^2_{\min}$ ) и максимальные ( $R^2_{\max}$ ) значения коэффициента корреляции между объемом центрального дерева и характеристиками пространственной структуры**

Показатели	$R^2_{\min}$	$R^2_{\max}$
Площадь проекции кроны центрального дерева ( $S_{kr}$ )	0,4	0,9
Сумма площадей пересечений кругов конкуренции ( $S_{per\_sum}$ )	0,2	0,4
Процент суммы пересечений кругов конкуренции от площади круга конкуренции центрального дерева ( $Pr_{per}$ )	-0,3	-0,6
Средняя площадь проекций крон соседних деревьев ( $S_{sr\_s}$ )	0,1	0,5
Среднее расстояние до центрального дерева ( $L_{sr}$ )	0,2	0,6

Коэффициент корреляции данного уравнения на пробных площадях варьирует от 0,50 до 0,95 и имеет максимальное значение среди всех апробированных моделей.

**Заключение.** Для изучения пространственной структуры насаждения использовался био-групповой подход, который устанавливает взаимосвязи между влияющими друг на друга деревьями. По результатам исследований выявлена возможность определения оптимального расстояния между деревьями в био-группах, опираясь на такие характеристики, как среднее

расстояние до ближайших деревьев и площадь проекций крон.

Полученная модель удовлетворяет поставленной задаче и в дальнейших исследованиях будет использоваться для определения оптимальной пространственной структуры. Знание этих параметров позволит рационально использовать плодородие лесных почв и получать нужные древесные ресурсы в максимально сжатые сроки.

Изучаемый вопрос относится к подеревной инвентаризации и переводит лесное хозяйство на новый уровень.

### Литература

1. Грабарник П. Я. Моделирование асимметричной конкуренции между растениями // Математическое моделирование в экологии – ЭкоМатМод: материалы конф. Пушино, 1–5 июня 2009 г. / Ин-т физико-хим. и биол. проблем почвоведения РАН; Ин-т матем. проблем биологии РАН. Пушино, 2009. С. 82–83.
2. Factors influencing the amount and distribution of leaf area / James M. Vose [etc.] // Ecological Bulletins. Copenhagen, 1994. P. 102–114.
3. Севко О. А., Коцан В. В. Методика создания цифровой модели пространственного распределения деревьев по материалам постоянных пробных площадей с использованием ГИС-технологий // Труды БГТУ. 2011. № 1: Лесное хозяйство. С. 53–57.

Поступила 28.01.2014