

УДК 630*182.5	UDK 630*182.5
Горизонтальная структура древостоев средней сибери	HORIZONTAL STRUCTURE OF STAND OF TREES IN MID-SIBERIA
Вайс Андрей Андреевич к. с-х. н., доцент	Vays Andrey Andreevich Cand.Agr.Sci., associate professor
<i>Сибирский государственный технологический университет, Красноярск, Россия</i>	<i>Siberian state technological university, Krasnoyarsk, Russia</i>
В статье представлены результаты длительных исследований горизонтальной структуры в различных насаждениях Средней Сибири. Горизонтальная структура насаждений характеризуется значительным разнообразием размещения деревьев. Максимально полные (нормальные) насаждения сосны с однородной структурой характеризуются случайным размещением деревьев. Модальные насаждения сосны с определенной долей вероятности характеризовались групповым размещением. Кедровые и пихтовые насаждения с неоднородной структурой имеют групповое распределение деревьев и молодых растений, что свойственно природе этих лесов.	Results of the long studies of the horizontal structure of different plantings in Mid-Siberia are presented in article. The horizontal structure of the plantings is characterized with significant variety of trees placing. Maximum full (normal) plantings of pines with uniform structure are characterized by casual trees placing. The modal plantings of pines with determined probability were characterized by group placing of trees. Cedar and fir plantings with different structure have a group distribution of trees and young plants that is normal for the nature of these woods.
Ключевые слова: ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА, РАЗМЕЩЕНИЕ РАСТЕНИЙ, ИНДЕКС РАССЕЙВАНИЯ, СРЕДНЕЕ РАССТОЯНИЕ	Keywords: HORIZONTAL STRUCTURE, PLACING OF THE PLANTS, INDEX OF DIFFUSING, AVERAGE DISTANCE

Введение. Учеными накоплен определенный опыт по изучению горизонтальной структуры насаждений и методов по ее определению.

В аналитическом обзоре В.Я. Грибанов [1] предлагает под пространственной структурой древостоя понимать взаимное расположение деревьев относительно друг друга, обусловленное особенностями местообитания, происхождения и формирования насаждения.

В количественной экологии и геоботанике принято выделять три типа размещения: случайное, регулярное (равномерное, упорядоченное) и групповое (контагиозное, агрегированное) [2].

Автор предлагает изучение пространственной структуры проводить в несколько этапов:

- а) выбор метода сбора эмпирического материала;
- б) подбор способа определения пространственной структуры;
- в) исследование закономерностей в размещении растений.

В диссертации В.В. Кузьмичева [3] приводится обзор метода расстояний, применяемый в основном для определения густоты с помощью поправочных коэффициентов. Ученый рекомендует для оценки размещения деревьев использовать метод нулевых площадок.

В.Я. Грибанов [1] предлагает критерии оценки типа пространственной структуры разделить на критерии согласия и соответствия. Из представленного ряда показателей выделяют критерий Т. Сведберга [4].

В.В. Прокопцев [5] исследовал несколько методов оценки пространственной структуры и пришел к выводу, что наиболее точным является метод измерения расстояния Грейг-Смита.

Все авторы отмечают слабую корреляционную связь критериев оценки размещения деревьев с таксационными характеристиками древостоев (диаметром, высотой).

В.Я. Грибанов [1] указывал, что по данным ряда ученых в молодняках и средневозрастных древостоях наиболее распространенным является групповой тип размещения растений. В приспевающих и спелых насаждениях отмечается более равномерное территориальное расположение деревьев. Исследование мозаики деревьев в естественных высокобонитетных 25-70 - летних сосняках, проведенное ученым [6] показало, что изменение пространственной структуры насаждений с

увеличением возраста происходит по следующей схеме: групповое – случайное - регулярное.

В сибирских лесах регулярное размещение определяется комплексом факторов (конкуренция, отпад, лесной пожар, болезни) и не имеет ничего общего с равномерным размещением. Следует согласиться с мнением ряда исследователей о наличии в естественных древостоях смешанного размещения растений (Г.И Кириенко, В.И. Крылова [7], Н.П. Гордина [8]). Н.П. Гордина отмечает наличие связи полноты сосновых насаждений с размещением деревьев. Случайное размещение деревьев наблюдается обычно в древостоях с полнотой 0,7 и выше, при меньшей полноте (0,5-0,6) распределение принимает смешанный характер, а в редкостойных древостоях деревья размещаются преимущественно группами. Продуктивность насаждений уменьшается от случайного к групповому типу расположения деревьев. При этом при случайном размещении растений размер деревьев по диаметру больше, что влияет на товарность древостоев.

На наш взгляд равномерное размещение наблюдается только в искусственных насаждениях и только в начальный период роста, которое в дальнейшем меняется. Наиболее распространено групповое и случайное расположение древесных растений на плоскости.

Попытка использовать показатели размещения для оценки таксационных признаков древостоя [9] не имеет перспективы и целесообразнее в этом случае применять абсолютные показатели, полученные путем прямого измерения, например среднее расстояние от исходного дерева до ближайших по радиусу «соседей».

Методика исследований. Исследование горизонтальной структуры древостоев выполнялось в различных районах Средней Сибири: Западно-Сибирский подтаежно-лесостепной район (Сузунский лесной район), Западно-Сибирский равнинный таежный район (Енисейский лесной

район), Среднесибирский подтаежно-лесостепной район (Большемуртинский лесной район, Учебно-опытный лесхоз и заповедник «Столбы»), Алтае-Саянский горнотаежный район (Аскизский лесной район).

Оценка размещения производилась по критерию «относительной дисперсии» (Т. Сведберг [4]):

$$J = \frac{s^2}{x} = \frac{\left(\sum_{x=0}^n x^{-2} * n - \frac{N}{n} \right) * n}{N * (n-1)}, \quad (1)$$

где J-индекс рассеивания;

σ^2 - дисперсия расстояний между деревьями, м²;

x – среднее значение по расстоянию, м;

N - число расстояний на обследуемой территории, шт;

n - число учетных площадок, шт.

Если J равен единице – размещение оценивается, как равномерное. При J>1 - групповое размещение. В случае, когда J<1 - растения располагаются случайно относительно друг друга.

Для установления типа размещения был использован метод нулевых площадок [10]. В этом случае пробная площадь разбивается на ряд квадратов. Размер территории участка определяют исходя из средней площади, приходящейся на одно дерево. Стороны квадрата делают кратными сторонам участка. Затем подсчитывают процент количества площадок, на которых отсутствуют растения от общего числа площадок. Этот метод позволяет непосредственно характеризовать пространственное размещение. Если число нулевых площадок составляет 33% - это соответствует случайному размещению. Меньший процент указывает на

регулярность в расположении растений на площади. Групповое размещение характеризуется величиной больше 33%. Тип расположения растений приведен в таблице 2 [10].

Экспериментальные исследования. Поскольку пробные площади в большинстве случаев закладывались в нормальных по продуктивности, максимально плотных древостоях, размещение деревьев носило преимущественно случайный характер. Оценка мозаики растений производилась способом «относительной дисперсии» и нулевых площадок.

Среднеобские боры.

С помощью индекса рассеивания был установлен тип размещения деревьев на пробных площадях (таблица 1) [11].

Сосняки бассейна р. Сым. Как было сказано выше, под воздействием различных эндогенных факторов формирование сосняков производится с групповым размещением деревьев в зависимости от полноты древостоев.

На примере перестойных сосняков была выполнена оценка горизонтальной структуры насаждений [12] (таблица 1). Показатели достоверны при уровне значимости $p = 0,05$. Размещение деревьев на участках характеризуется смешанным типом от случайного до группового. Расположение растений часто носит обособленный характер, что позволяет классифицировать их размещение на более мелкие структурные единицы, чем древостой или «элемент леса» (см. ниже).

Сосновое насаждение Караульного лесничества учебно-опытного лесхоза СибГТУ.

Истинное изменение в размещении деревьев могут дать только постоянные наблюдения на ППП за насаждением. Оценка мозаики растений сосны приведена в таблице 1, а расположение характеризовалось

Таблица 1 - Характер размещения деревьев в исследуемых древостоях

Возраст, лет	$d_{1,3}$, см	L_{cp} , м	A_s	σ^2 , m^2	J	Характер размещения
Среднеобские боры						
15	3,0	2,2	3,648	1,54	0,698	случайное
24	4,5	1,2	0,667	0,71	0,588	случайное
34	4,8	2,6	1,322	1,42	0,588	случайное
47	7,2	6,1	1,537	2,71	0,444	случайное
56	16,1	2,7	1,037	1,32	0,484	случайное
65	21,7	3,2	0,899	1,75	0,551	случайное
73	21,5	3,8	1,488	2,39	0,631	случайное
84	29,4	4,1	0,698	2,19	0,535	случайное
91	30,4	5,4	0,694	2,58	0,480	случайное
Перестойные сосняки бассейна р. Сым						
160	29,0	5,0	0,72	5,83	1,17	групповое
200	33,1	4,5	1,14	5,20	1,16	групповое
220	28,2	3,7	0,16	2,76	0,75	случайное
300	16,6	2,8	0,54	1,15	0,41	случайное
Сосновый древостой (ППП – пригородной зоны г. Красноярска)						
42	13,3	2,9	0,815	1,39	0,48	случайное
46	14,7	2,4	1,171	1,81	0,75	случайное
58	18,2	2,9	0,815	1,94	0,67	случайное

Продолжение таблицы 1

64	19,6	3,2	0,789	2,29	0,72	случайное
71	22,4	3,2	0,676	2,16	0,68	случайное
Сосняки максимальной продуктивности Заповедника «Столбы»						
120	30,0	2,9	-0,085	0,83	0,29	случайное
200	30,0	3,9	0,629	1,27	0,33	случайное
Сосняки максимальной продуктивности биостанции «Караульная»						
80	22,0	2,7	0,174	0,91	0,34	случайное
80	26,0	3,4	0,435	0,64	0,19	случайное
Модальные сосняки заповедника «Столбы»						
200	28,3	4,5	0,799	6,35	1,41	групповое
105	27,2	5,7	0,226	6,00	1,05	групповое
Модальные сосняки биостанции «Караульная»						
80	30,0	2,7	0,174	0,90	0,33	случайное
75	27,0	3,4	0,435	0,72	0,21	случайное
Кедровые древостои Западных Саян						
137	31,2	7,8	0,864	16,96	2,17	групповое
154	25,6	4,4	1,210	5,60	1,27	групповое
134	32,3	5,2	0,390	6,84	1,32	групповое

Примечание: L_{cp} – среднее расстояние между деревьями древостоя, м; As – асимметрия по среднему расстоянию. Показатели достоверны при уровне значимости $p=0,05$. Точность оценок соответствует 5 %.

как случайное. С возрастом характер размещения резко меняется только в начальный период роста, что связано с отпадом растений [13].

Сосняки биостанции «Караульная» и заповедники «Столбы».

Одним из признаков косвенно, влияющим на характер размещения растений является полнота насаждений. Сравнение нормальных и модальных древостоев позволяет выявить особенности размещения деревьев в этих древостоях [14, 15, 16, 17]. Для нормальных древостоев, о

чем мы говорили выше, характерно случайное размещение (таблица 1). В модальных насаждениях размещения растений более разнообразно по причине выраженных влияний как экзогенных, так и эндогенных факторов (таблица 1).

Модальные сосняки характеризуются различным размещением деревьев от случайного до группового, что связано с условиями роста и формирования.

Горные кедровые насаждения Западных Саян.

Древостои характеризуются неравномерным расположением деревьев на площади [18, 19]. Особенности агрегации деревьев приведены в таблице 1.

Групповое сложение этих лесов способствует оконному типу формирования насаждений, о чем будет сказано ниже.

Пихтовые насаждения южной части средней тайги.

Регулярность размещения растений на пробных площадях соответствует оконной природе формирования темнохвойных насаждений, когда после отпада взрослого дерева возникает новое поколение подроста (таблица 2).

При этом по отдельным элементам леса наблюдается преимущественно групповое расположение особей. Пихта характеризуется случайной агрегацией, но может иметь регулярное и групповое размещение. С возрастом в большей мере наблюдается регулярное и случайное скопление растений. Это связано, во-первых, с активной дифференциацией в группах, а, во-вторых, с вращением молодых растений в возникающие после отмирания старшего поколения окна. Групповое размещение других хвойных пород (ели и кедра) объясняется, с одной стороны, историей их возникновения, с другой – это помогает породам противостоять активной конкуренции со стороны пихты.

Таблица 2 - Характеристика размещения деревьев в целом и по «элементам леса» в смешанных пихтачах

Воз- раст, лет	Число дере- вьев, шт/га	Состав	Тип размещения							
			общий	порода						
				П	Е	К	Б	Ос	С	Л
37	21200	5Е4П1С+К	рег.	сл.	гр.	гр	-	-	-	-
41	4750	5П2Ос2Б1Е	рег.	гр	гр	-	гр	гр	-	-
43	2900	10П+Ос, ед С	рег.	гр	гр	-	-	-	-	-
76	1317	7П2Л1Е+К,Б	рег.	сл.	гр	гр	гр	-	-	гр
93	1333	4П3Б2К1Е	рег.	сл.	гр	гр	гр	-	-	-
115	564	5П4Е1К	рег.	рег.	гр	гр	-	-	-	-
116	773	5П3Е1К1Ос+Б,Ос	рег.	сл.	рег.	рег.	гр	гр	-	-
118	874	7П2К1Е+Б,Ос	рег.	сл.	рег.	гр	-	-	-	-
118	1000	8П1К1Е+Б	рег.	рег.	рег.	сл.	-	-	-	-
120	582	6П2Е2К+Б	рег.	сл.	гр.	гр.	-	-	-	-
127	733	7П3Е+К,Б	рег.	рег.	гр.	гр.	-	-	-	-

Примечание: рег. – регулярное размещение растений; сл. – случайное размещение растений; гр. – групповое размещение растений.

Групповое размещение лиственных (береза, осина) соответствует экобиологическим особенностям пород.

Условия формирования темнохвойных древостоев тесно связано с компонентами насаждений. Размещение подроста учитывалось на 4-х пробных площадях. Одновременно по материалам лесоустройства были проанализированы вырубki на возобновление со сроком давности рубки

до 25 лет. В смешанных насаждениях доля хвойных в составе подроста составили от 8 до 10 единиц. На вырубках в составе молодняка доля падает до 5-6 единиц. По мере увеличения полноты доля хвойных в составе древостоев зеленомошной группы меняется в пределах двух единиц изменения состава взрослого древостоя в сторону увеличения хвойных и вызывает аналогичные изменения в подросте [20].

Подробная характеристика подроста получена по данным пробных площадей (таблица 3).

Таблица 3 - Характеристика подроста смешанных пихтачей зеленомошного типа леса южной части средней тайги

Состав	Количество экземпляров, шт/га					Полнота	Характер размещения
	П	Е	К	Б	всего		
9П1Е ед К,Б	1520	218	27	6	1770	0,94	случайное
9П1Е+К,Б	1830	149	90	59	2130	1,33	регулярное
9П1К+Б	2040	118	147	18	2330	1,00	регулярное
8П2Е+К, ед Б	2600	539	112	25	3280	0,96	регулярное

Характер размещения подроста пихты (регулярный) и соответствует биологии этой породы, то есть стремлением занять свободное пространство (экологическую нишу). Регулярный характер сложения как древостоев, так и подроста соответствует разновозрастности этих насаждений и обеспечивает смену старшего поколения следующей генерацией.

На основе изучения возрастных изменений индекса рассеивания была разработана табличная схема закономерностей в размещении

деревьев светлохвойных и темнохвойных насаждений применительно к лесным массивам Средней Сибири (таблица 4).

Между средним расстоянием и индексом рассеивания наблюдалась значительная теснота связи (коэффициент корреляции 0,645). Зависимость

Таблица 4 – Возрастные тенденции размещения деревьев в светлохвойных и темнохвойных насаждениях Средней Сибири

Категория насаждений	Тип размещения		
	возраст, лет		
	до 20	21-160	161 и выше
Светлохвойные (сосновые)	Групповой	Случайный	Смешанный (случайный, групповой)
Доминирующий фактор	Врастание (появление новых растений)	Отпад (конкуренция и лесные пожары)	Отпад (пирогенное влияние)
Темнохвойные (кедровые, пихтовые)	Регулярный с групповым размещением «элементов» леса		
Доминирующий фактор	Врастание – Отпад (конкуренция)		

между признаками отражало регрессионное уравнение параболического вида (рисунок 1).

Данные, выходящие за пределы 3σ были исключены из совокупности. Тип размещения деревьев в значительной степени зависел от среднего расстояния между деревьями и, начиная с 4,5-5,0 м, характер агрегации менялся с случайного на групповой.

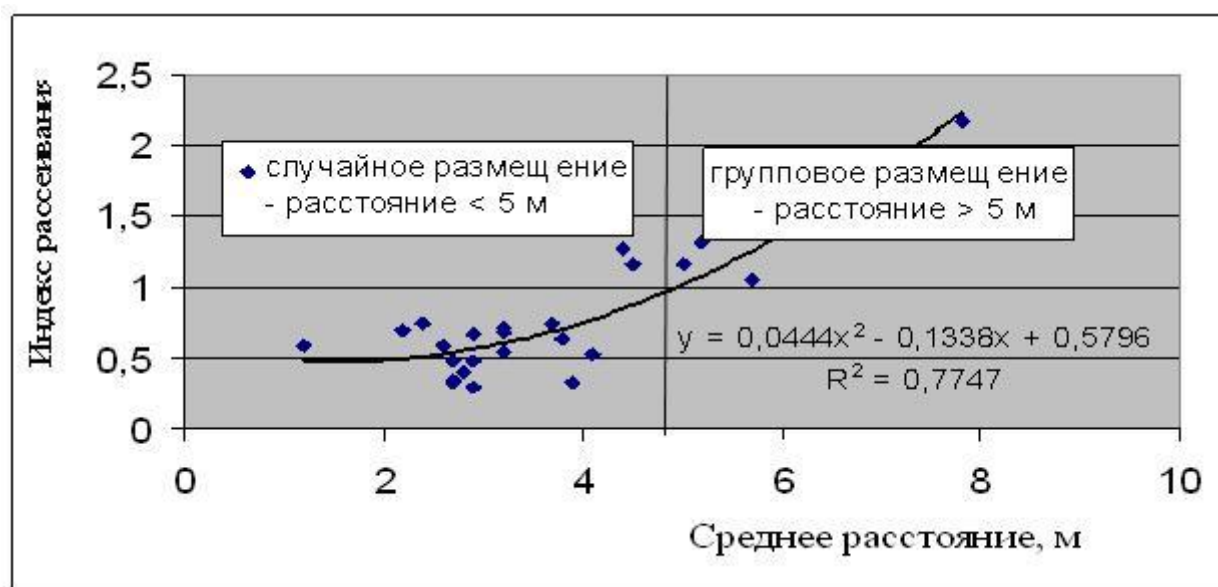


Рисунок 1 – Связь индекса рассеивания и среднего расстояния между деревьями (по данным измерений в сосновых насаждениях исследуемых районов)

Выводы. Горизонтальная структура древостоев характеризуется значительным разнообразием размещения деревьев.

Максимально полные (нормальные) сосновые насаждения с однородной структурой характеризуются случайным размещением деревьев. Модальные сосновые насаждения с определенной долей вероятности характеризовались групповым размещением.

Кедровые и пихтовые насаждения с неоднородной структурой имеют групповое распределение деревьев и подроста, что свойственно природе темнохвойных лесов.

Наблюдения за сосняком на постоянной пробной площади указывает на резкие изменения в молодом возрасте (до 40 лет, отпад растений) и стабильность в дальнейшем (до 70 лет) размещения деревьев.

Список литературы

1. Грибанов В.Я. Пространственная структура сосновых и лиственных деревьев // Продуктивность лесных фитоценозов: сб.ст. Красноярск: ИЛИД, 1984. с. 42-47.
2. Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М: Мир, 1976. 778 с.
3. Кузьмичев В.В. Параметры стабильности одновозрастных древостоев // Тез. Всерос. сов-ия. Тарту. н.г. с. 71-73.
4. Svedberg T. Ett bigrad till de statistiska metodernas användning inom vaxtbiologien // Svensk. bot. Tidskrift. 16. №1. 1922. p. 1-8.
5. Прокопцев В.В. Лесоводственно-таксационный анализ роста и пространственной структуры сосняков зеленомошников Брянского массива в связи с рубками ухода: автореф. дис.... канд.с.-х. наук: 06.03.03. Брянск, 1997. 21 с.
6. Каволюнене Д.К. Типы размещения деревьев в свете закономерностей роста древостоев // Закономерности роста и производительности древостоев : тез. докл. науч. конф. Каунас, 1981. с. 40-42.
7. Кириенко Г.И., Крылова В.И. Пространственное размещение деревьев в динамике развития насаждений // Программные леса и вопросы охраны природы. М.: лесн. пр-ть, 1983. с. 24-30.
8. Гордина Н.П. Пространственная структура и строение сосновых насаждений бассейна р. Сым . Красноярск: КГУ, 1985. 128 с.
9. Грибанов В.Я. Пространственная структура сосновых древостоев // Лесная таксация и лесоустройство. Межвуз. сборн. науч. тр. Красноярск: КГТА, 1994. с. 33-42.
10. Вайс А.А. Горизонтальная структура пихтовых насаждений // Вестник СибГТУ. 2005. №1. с. 24-27.

11. Вайс А.А., Субочев Г.Г. Возрастная и пространственная структура кедровых насаждений Абазинского лесхоза // Лесная таксация и лесоустройство: междун. науч.-практ. ж. Красноярск: СибГТУ, 2001. с. 14-16.

12. Вайс А.А., Пчелинцев В.И., Артемьев О.С. Горизонтальная структура перестойных сосняков бассейна р. Сым // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. тр. междун. науч. - техн. конф. Брянск: БГИТА, 2002. с. 29-31.

13. Вайс, А.А. Динамика горизонтальной структуры соснового насаждения // Вестник СибГТУ. 2005. №1. с. 24-27.

14. Вайс А.А., Пчелинцев В.И., Хакимова Я.Б. Горизонтальная структура модальных сосняков в условиях заповедника «Столбы» // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. тр. междун. науч. - техн. конф. Брянск: БГИТА, 2004. с. 17-19.

15. Вайс А.А., Гламазда Е.С. Горизонтальная структура высокополнотных сосняков заповедника «Столбы» // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. ст. всеросс. науч. - практ. конф. Красноярск: СибГТУ, 2004. с. 70-74.

16. Вайс, А.А. Горизонтальная структура модальных сосновых насаждений пригородной зоны города Красноярска // Многолетние наблюдения в ООПТ. История, современное состояние, перспективы: мат. всеросс. науч.- практ. конф. Красноярск: СибГТУ, 2005. с. 194-200.

17. Вайс А.А. Горизонтальная структура нормальных сосновых насаждений левобережной и правобережной пригородной зоны г. Красноярска // Хвойные бореальной зоны. 2006. вып. 3. с.64-68.

18. Вайс А.А., Симанович Д.А. Взаимосвязь пространственной структуры и прироста деревьев по диаметру в кедровых насаждениях // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: сб. ст. всеросс. науч. -

практ. конф. студ. и молодых ученых . Красноярск : СибГТУ, 2003. с. 140-141.

19. Вайс А.А [и др.]. Внутривидовая конкуренция и форма древесных особей в сосновых ценнопопуляциях // Студент и научно-технический прогресс: Биология / НГУ: сб. тр. междун. науч. студ. конф.– Новосибирск: НГУ, 2004. – с.

20. Вайс А.А. Возрастная структура пихтовых насаждений южной части средней тайги // Вестник КрасГАУ. 2006. №11. с.105-110.