

УДК 630\*.182 : 630\*228

## КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ И ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОЗОВ

Вайс А. А., – доцент

*Сибирский государственный технологический университет*

В статье изучены вопросы влияния горизонтальной структуры сосновых древостоев на процессы дифференциации и роста древесных особей. Сравнительный анализ показал, что наибольшее влияние горизонтальная структура ценоза оказывает на состояние особей по классификации Крафта, чем на их санитарное состояние.

Ключевые слова: ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ ПЛОЩАДЬ РОСТА ИНДЕКС КОНКУРЕНЦИИ

Одним из наиболее исследованных вопросов лесоводства и таксации является классификация деревьев. В настоящее время известно более ста классификаций [9] и их число все время растет. По методу выделения их подразделяют на две группы [9]:

а) принадлежность дерева к классу определяется методом сравнительной глазомерной оценки ряда его признаков [25; 10; 18; 7; 23];

б) вторая группа характеризуется выделением классов деревьев по абсолютным или относительным оценкам признака [11; 13; 17; 4; 15; 20; 5; 3; 19].

В последнее время при мониторинге лесов используют классификацию деревьев по жизненному состоянию (В. А. Алексеев (1990), Т. А. Хоружая (1998), С. М. Бебия (2000), А. А. Рожков (2003), М. А. Сафронов (2004) и т.д.).

Групповое различие в классификациях объединяет стремление сравнить деревья по ростовым показателям и состоянию. Главным разделяющим фактором должно являться описание процессов изменчивости внутри ценозов и возрастная дифференциация особей. При этом варьирование характеризует уже сложившиеся различия между деревьями, а дифференциация – образование этих различий во времени.

<http://ej.kubagro.ru/2007/07/pdf/14.pdf>

С. М. Бебия [4] при исследовании пихтовых лесов Кавказа использовал классификацию деревьев по их жизненному состоянию. Это оценка особей в момент наблюдения, выражаемая морфологическими признаками роста и развития, обусловленная конкуренцией и взаимодействием между деревьями в развитии сообществ и влиянием среды, мера устойчивости к неблагоприятным условиям.

Горизонтальная структура древесного яруса влияет на процессы дифференциации и роста деревьев, результатом которых является состояние особей. Однако в научной литературе, на наш взгляд, недостаточно освещён вопрос роли пространственной структуры в жизненном состоянии растений.

Цель данной статьи – анализ существующих классификаций и оценка связи горизонтальной структуры ценозов и состояния древесных особей.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на территориях остепнённых лесов Приобско сосново-борового лесорастительного округа (по Г. В. Крылову) – 11 пробных площадей и Восточно-Саянского южно-таежного района сосново-кедрово-пихтовых лесов – 4 пробные площади. Районы различались не только по лесорастительным условиям, но и по рельефу. Первый район характеризуется равнинной формой, второй горной.

Все деревья на пробных площадях были закартированы, а затем в камеральных условиях по планам на основе метода треугольников [8] все деревья были соединены прямыми отрезками по кратчайшему расстоянию. Образованные таким образом «социальные группы» (растущее дерево и ближайшие к нему «соседи») являлись структурной промежуточной единицей для оценки ростовых процессов в ценозах.

Классификация деревьев производилась в сосновых ценозах (*Pinus sylvestris*), поскольку в этих сообществах процессы роста и дифференциации растений в наибольшей степени определяются пространственной структурой.

При осуществлении исследований были использованы три наиболее часто применяемых в прикладных целях ранжирований состояния деревьев: классификация Крафта (КК), классификация деревьев для проведения рубок ухода (КРУ), классификация деревьев согласно «Санитарным правилам в лесах РФ» (КС).

На протяжении длительного времени деревья в лесу разделяли на господствующие и угнетенные. Затем появилось множество методик установления рангов, из которых большую известность получила классификация Крафта. Деревья в ней подразделяются на пять классов по степени господства и угнетённости [25]:

I класс – исключительно господствующие, крупные деревья в древостое, с наиболее толстыми стволами и сильно развитыми кронами и вершинами; их высоты в 1,2–1,3 раза выше средней высоты древостоя; в чистых сосновых насаждениях занимают около 12 %;

II класс – господствующие, крупные деревья, образующие главное насаждение со значительными по росту стволами, с большими кронами равномерного развития; их высоты в 1,1–1,15 раз выше средних, плодоносят деревья хорошо; в чистых сосновых насаждениях составляют 25–40 %;

III класс – менее господствующие (согосподствующие), средние деревья с высотами 0,9–1,05 от средней высоты яруса, кроны их редки и неправильны по очертаниям; плодоношение составляет 0,33–0,35 от деревьев первого класса; в сосновых насаждениях присутствует 25–30 %;

IV класс – подчиненные, угнетенные, отставшие в росте деревья с тонкими стволами и слабыми неравномерно развитыми кронами, лишь

частью кроны входят в общий полог насаждений. Деревья этого класса подразделяются на два подкласса:

IVа класс – слабые деревья, кроны (равносторонние) которых еще находятся в нижней части общего древесного полога, большей частью сжатые вершинами (10–15 %);

IVб класс – ослабшие деревья, кроны которых только своими верхушками входят в общий полог, верхняя часть кроны свободна, нижняя часть кроны отмирает (2–10 %);

V класс – отставшие в росте деревья ниже общего древесного полога. Такие деревья подразделяются на два подкласса:

Vа класс – деревья, имеющие редкую, однобокую, но еще живую крону, отмирающие и мертвые;

Vб класс – отмершие деревья, стоящие на корню (сухостой), 7–8 %.

При проведении рубок ухода все деревья в насаждении по хозяйственным, биологическим признакам и положению в пологе подразделяются на три категории: 1 – лучшие, 2 – вспомогательные (полезные) и 3 – нежелательные (подлежащие угнетению) [16].

Шкала категорий состояния деревьев, используется при лесопатологическом мониторинге и приведена в «Санитарных правилах в лесах Российской Федерации» [19]:

1- Деревья без признаков ослабления. Основные признаки: хвоя зеленая, блестящая; крона густая; прирост текущего года нормальный для данной породы, возраста, условий местопроизрастания и времени года.

2- Ослабленные деревья. Основные признаки: хвоя часто светлее обычного; крона слабоажурная; прирост уменьшен не более чем на половину по сравнению с нормальным. Дополнительные признаки: возможны признаки местного повреждения ствола и корневых лап, ветвей.

3- Сильно ослабленные деревья. Основные признаки: хвоя светло-зеленая или сероватая, матовая; крона ажурная; прирост уменьшен более

чем на половину по сравнению с нормальным. Дополнительные признаки: возможны признаки повреждения ствола, корневых лап, ветвей, кроны, могут иметь место попытки поселения или удавшиеся местные поселения стволовых вредителей на стволе или ветвях.

4- Усыхающие деревья. Основные признаки: хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая; крона заметно изрежена; прирост текущего года еще заметен или отсутствует. Дополнительные признаки: признаки повреждения ствола выражены сильнее, чем у предыдущей категории, возможно заселение дерева стволовыми вредителями.

Оценка горизонтальной структуры выполнялась на основе площадей роста (S) [12; 26; 22] и индекса конкуренции (CI) [29; 27; 30].

Из существующих методов расчета площади роста наиболее точным является метод Фрезера [14]. Этот способ позволяет регулировать минимальную величину элементарного участка площади и не замыкает полигоны площадей роста только ближайшими «соседями».

В методику определения площадей роста положено гипотетическое предположение о том, что деревья захватывают площади питания пропорционально их площадям сечения на высоте груди и обратно пропорционально расстоянию от данного дерева до элементарного участка земли (площадь  $0,01 \text{ м}^2$ ). Вокруг условного дерева проводится круг заданного радиуса для установления деревьев претендентов (конкурентов) на элементарный участок. Особь, у которой соотношение площади сечения к расстоянию будет больше, и будет являться претендентом на квадратный участок территории. Путем суммирования площадей элементарных участков и определяется общая площадь роста особи.

По мнению ряда исследователей [27; 28; 21] уровень конкуренции для данного условного дерева обуславливается: плотностью соседних деревьев и их количественными параметрами. Для расчета индекса конкуренции использовали следующую формулу:

$$CI = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{D_0},$$

где CI – индекс конкуренции;

$\sum_{i=1}^n D_i$  – сумма диаметров ближайших «соседей», см;

$D_0$  – диаметр условно центрального дерева, см.

В Среднеобских борах помимо диаметров стволов измерению подвергался ряд морфологических признаков (диаметр кроны, прирост по диаметру за 18 лет, высота, длина кроны, высота расположения наибольшего диаметра кроны). Основными способами изучения материала были методы корреляционного и регрессионного анализов. Обработка производилась на ПЭВМ с помощью специальных программ (расчет площадей роста) и электронной таблицы «Excel».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общеизвестно, что наряду с конкуренцией и условиями среды на рост и состояние особей оказывает влияние возрастная структура [2; 24; 6].

В чистых по возрастной структуре условно-одновозрастных Среднеобских борах были получены следующие результаты.

Процентное распределение деревьев по классам роста Крафта указывает на возрастные изменения числа древесных особей. Для 1, 2 класса роста увеличение, постоянный процент для 3-го класса (18–27 %) и уменьшение растений 4 и 5 класса роста. Ценозы находились в возрастном диапазоне от 40 до 70 лет.

Корреляционный анализ морфологических признаков особей и площадей роста приведен в таблице 1.

Обратный вид связи указывает, что с увеличением пространственно-морфологических признаков состояние деревьев улучшается. В частности

увеличение пространства (площади роста) вокруг древесной особи способствует улучшению его состояния, что соответствует общепризнанным выводам. Необходимо отметить, что ценозы характеризуются максимальной продуктивностью и густотой. Теснота связи менялась от значительной до тесной так, как коэффициент корреляции варьировал от 0,551 до 0,768.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции, отражающие связь состояния особей по классификации Крафта со структурно-морфологическими признаками деревьев различного возраста (Среднеобские боры)

Номер пробной площади	Возраст	Структурно – морфологические признаки						
		S	$\Delta D$	H	D	DK	L	HND
		,м <sup>2</sup>	D,см	,м	,м	К,м	,м	HD,м
Коэффициенты корреляции								
1	3	-	-	-	-	-	-	-
	9	0,747	0,762	0,840	0,941	0,745	0,774	0,711
2	4	-	-	-	-	-	-	-
	3	0,633		0,861	0,911	0,628		0,798
3	4	-	-	-	-	-	-	-
	7	0,551	0,682	0,741	0,830	0,551	0,825	0,720
4	5	-	-	-	-	-	-	-
	6	0,768	0,722	0,840	0,940	0,743	0,785	0,718
5	6	-	-	-	-	-	-	-
	4	0,681	0,661	0,625	0,910	0,654	0,609	0,745
6	6	-	-	-	-	-	-	-
	6	0,605	0,673	0,845	0,927	0,585	0,766	0,654
7	7	-	-	-	-	-	-	-
	3	0,608	0,573	0,345	0,899	0,586	0,266	0,759

Примечание: S – площадь роста;  $\Delta D$  – текущий прирост по диаметру за 18 лет; H – высота; D – диаметр на высоте груди; DK – диаметр кроны; L – длина кроны; HND – высота расположения наибольшего диаметра кроны.

Связь морфологических показателей косвенно подтверждает вывод о том, что состояние деревьев в значительной мере определяется его размерами. Таким образом, результат анализа данных указывает на значительное влияние горизонтальной структуры, на состояние древесных особей.

Сосновые ценозы пригородной зоны г. Красноярска характеризуются сложной формой (два яруса) и наличием примеси в составе (береза, пихта, ель). Классификация деревьев производилась согласно трем шкалам: по Крафту, промежуточного пользования и санитарной оценки.

Согласно классификации Крафта количество особей I-го класса на пробных площадях в первом ярусе менялось от 63 % до 94 %. Деревьев II, III класса от 0 % до 37 %; угнетённых и отмерших от 0 % до 7 %. Во втором ярусе наблюдалась обратная картина особей I класса от 0 % до 3 %; II, III класса от 8 % до 44 % угнетённых и отмерших от 56 % до 92 %.

Упрощённое ранжирование особей для проведения рубок ухода предусматривает деление деревьев на три категории: лучшие, полезные и угнетённые. Лучших деревьев в первом ярусе, оказалось, от 91 % до 97 %, полезных от 0 % до 3 % и угнетённых от 3 % до 7 %. Во втором ярусе лучших деревьев от 2 % до 15 %, полезных от 19 % до 42 % и угнетённых от 45 % до 71 %.

Классификация деревьев по санитарному состоянию предусматривает деление на здоровые, ослабленные, засыхающие и сухостой. В первом ярусе деревьев без признаков ослабления от 27 % до 93 %, ослабленных от 0 % до 19 %, сильно ослабленных 0 %, засыхающих 0 %, сухостойных от 0 % до 7 %. Во втором ярусе растений без признаков ослабления от 12 % до 39 %, ослабленных от 21 % до 28 %, сильно ослабленных от 10 % до 27 %, засыхающих от 11 % до 19 % и сухостоя от 10 % до 31 %.



В целом можно указать на то, что между всеми классификациями наблюдается тесная связь; на всех пробах необходимо провести рубки для улучшения санитарного состояния; конкурентные отношения наиболее выражены во втором ярусе; общее состояние ценозов оценивается как удовлетворительное.

Известно, что состояние особей определяют два основных фактора – это воздействие фитопатогенов и конкурентные взаимоотношения [3].

Оценка лесопатологического состояния данной территории была выполнена доцентом кафедры экологии и защиты леса СибГТУ А. И. Татаринцевым. Количество деревьев, отнесенных к отпаду по классификации В. А. Алексеева [1] (усыхающие, свежий сухостой, старый сухостой) варьировало от 0,5 до 16,0 %, по сумме площадей сечений от 0,2 до 6,3 %. Различие в состоянии особей объясняется разнообразием в условиях местопроизрастания, действием пирогенного фактора, возрастом древостоя и началом естественного влияния болезней и вредителей. Неудовлетворительным состоянием, как правило, отличаются древостои, испытывающие значительный рекреационный стресс. В результате детального лесопатологического обследования в сосняках выявлены основные инфекционные болезни, наиболее значимыми из которых являлись раковые и гнилевые. Установлено наличие следующих заболеваний: рак – серянка – возбудитель *conartium Flaccidum* [Alb.et Schw.] *Wint Peridermium pini* [Willd.Lev.et Kleb.] (облигатные паразиты); бактериальный бугорчатый рак – возбудитель *pseudomas pini* Vvill. (факультативный сапротроф); биаторелловый язвенный рак – возбудитель *Biatorella oliformis* [Fr.] Rehm. (факультативный паразит); центральная стволовая гниль- возбудитель *Phellinus pini* [Thore ex Fr.] Pilat. (факультативный сапротроф).

Второй фактор, влияющий на состояние деревьев – конкуренция. Используя формулу, приведенную выше, были рассчитаны значения

индексов конкуренции. Установлено, что самые высокие конкурентные отношения наблюдались в сложном насаждении с чистым высокополнотным сосняком в первом ярусе с небольшой примесью березы (СИ=12,6), в сложных древостоях со смешанным составом первого яруса (сосна, береза) социальное давление менее выражено (СИ = 8,2–11,0). Для того чтобы определить тесноту связи конкурентного давления и состояния деревьев (по Крафту и санитарной шкале) были проанализированы диаграммы. Во всех насаждениях наблюдалась общая закономерность – резкое ухудшение состояния деревьев (по Крафту) с увеличением индекса конкуренции. Категория деревьев практически не менялась со значения коэффициента – 8. Все это указывает на то, что взаимодействия между деревьями максимально выражены в ценозах. Корреляционный анализ подтвердил данные выводы (таблица 2).

Во всех древостоях наиболее тесная связь наблюдалась индексов конкуренции с классификацией Крафта, что подтверждает преобладающее влияние конкуренции на морфологические показатели деревьев.

Таблица 2 – Связь состояния деревьев с индексом конкуренции

Номер пробной площади	Классификация		
	К.К	К.Р.У	К.С
	Коэффициенты корреляции		
1	0,665	0,638	0,679
2	0,580	0,487	0,612
3	0,761	0,651	0,668
4	0,547	0,471	0,146

Большинство рассмотренных связей имеют нелинейную форму, которую отражает не коэффициент корреляции, а корреляционное отношение, поэтому теснота связей будет еще выше.

С целью получения прогнозных моделей для классификации особей использовали регрессионный анализ.

Для древесных растений Среднеобских боров использовали функцию вида:  $KK=a+b*\ln S$ . Общая модель –  $KK=3,480-0,561*\ln S$

( $R=-0,881$ , ошибка соответствовала одной категории ранжирования по Крафту,  $F=752$ ). Уравнение достоверно  $F_{\phi}>F_{ст}$  и получено для уровня доверительной вероятности 95,4 %.

Для сложных сосновых ценозов низкогорной части пригородной зоны г. Красноярска применили множественные линейные уравнения:

$$KK=5,018-0,112*D_{1.3} + 0,067*CI;$$

( $R=0,865$ , ошибка соответствовала одной категории классификации,  $F=43$ ).

$$KC=2,881-0,051*D_{1.3} + 0,076*CI;$$

( $R=0,776$ , ошибка соответствовала одной категории классификации,  $F=21$ ).

Модели достоверны ( $F_{\phi}>F_{ст}$ ) и характеризуются высокой адекватностью.

Эмпирические формулы подтверждают наличие достоверной связи между состоянием особей и их размещением в пространстве.

## ВЫВОДЫ

В чистых и простых по форме сосновых ценозах наблюдалась значительно-тесная связь площади роста растущих древесных особей с состоянием деревьев по классификации Крафта. Увеличение пространства вокруг растущего дерева способствует улучшению его состояния на уровне ценоза.

Сложные сосновые ценозы характеризуются выраженными взаимоотношениями во втором ярусе. С увеличением индекса

конкуренции резко ухудшается состояние особей (по Крафту), особенно расположенных во втором ярусе.

Прогнозные модели позволяют определить состояние дерева с ошибкой в пределах одной категории классификации, используя для этого пространственно-конкурентные признаки и размеры деревьев по диаметру на высоте груди.

Наибольшее влияние горизонтальная структура оказывает на состояние особей по классификации Крафта, чем на санитарное состояние дерева.

### Литература

1. Алексеев В.А. Диагностика повреждённых деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния. – В кн.: Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. М.: Наука, 1990. с. 38-53.
2. Анучин Н.П. Таксация и устройство разновозрастных лесов. М.: Лесн.промыш-ть, 1969. 551 с.
3. Атрохин В.Г. Основы лесоводства и лесной таксации. М.: Лесн. пром-ть, 1971. 321 с.
4. Бебия С.М. Дифференциация деревьев в лесу, их классификация и определение жизненного состояния древостоев // Лесоведение. 2000. №4. с. 35-43.
5. Беньков А.В., Рыжкова В.А. Оценка и моделирование динамики южно-таежных сосняков Средней Сибири // Лесоведение. 2001. №1. с. 8-13.
6. Бузыкин А.Н. и др. Анализ структуры древесных ценозов. Новосибирск.: Наука. 1985. 93 с.
7. Бутусов О.Б., Виноградов Б.В., Степанов А.М. и др. Мониторинг природно-технических систем // Лесной журнал. 1999. №1. с.21-24.
8. Галицкий В.В. Горизонтальная структура и динамика одновозрастного растительного сообщества. Численное моделирование // Математическое моделирование биогеоценотических процессов. М.: Наука. 1985. с.59-69.
9. Грибанов В.Я., Кузьмичёв В.В. Анализ морфологической структуры сосновых древостоев // Продуктивность и структура лесных сообществ. Красноярск.: ИЛИД СО АН СССР. 1985. с.39-42.
10. Данилова М.Д. Научные основы классификации деревьев. Йошкар-Ола.: МПИ. 1972. вып. 3. с. 181-193.
11. Данусявичюс Ю.А. Использование мониторинга для оценки природных объектов // Лесное хозяйство. 2001. №5. с.5-10.
12. Изюмский П.П. Площадь питания и её значение для роста и развития насаждений // Лесоводство и агролесомелиорация. 1971. вып. 24. с.3-4.
13. Исаев А.С. Мониторинг биоразнообразия лесов России // Устойчивое развитие бореальных лесов. Тр. VII конф. МАИБЛ . М.: ВНИИЦлесурс. 1997. с.62-65.

14. Кузьмичёв В.В., Миндеева Т.Н., Черкашин В.В. Оценка взаимодействия деревьев в лесных фитоценозах // Изв.Сиб.отд. АН СССР.1989. вып.3. с.133-139.
15. Матюк И.С. Устойчивость насаждений. М.: Лесн. пром-ть. 1993. 134 с.
16. Наставление по рубкам ухода в лесах Восточной Сибири. М.: ВНИИЦлесресурс. 1996. 30 с.
17. Рожков А.А. Оценка устойчивости и состояния лесов // Лесоведение. 2003. №1. с.66-72.
18. Рысин Л.П. Использование постоянных пробных площадей в лесном мониторинге // Лесное хозяйство. 1995. №3. с. 30-32.
19. Санитарные правила в лесах РФ. М.: ВНИИЦлесресурс. 1998. 25 с.
20. Сафронов М.А. Оценка состояния лесов на территории проектируемого размещения алюминиевого производства // Лесное хозяйство. 2004. №4. с. 10-15.
21. Смольянова Л.П., Вайс А.А., Смольянов А.С. Определение объёма отдельного дерева с учётом индекса конкуренции // Вестник СибГТУ. Красноярск. 1999. №2. с. 24-35.
22. Тябера А.П. Площадь роста дерева и её определение аналитическими способами // Лесной журнал. 1978. №2. с.12-16.
23. Хоружая Т.А. Экологический мониторинг // Методы оценки экологической опасности. – М.: Экспертное бюро. 1998. с. 63-68.
24. Шевелёв С.Л., Кузьмичёв В.В. Таксация леса : Курс лекций для студ. спец. 260400, 260100, 320800 всех форм обучения. Красноярск.: СибГТУ. 2003. 248 с.
25. Эйтинген Г.Р. Лесоводство. Москва.: Сельхозгиз. 1949. 246 с.
26. Brown G.S. Point density in stems per acre. «N.Z.Forest.Res.Notes». 1965. №38. 11pp.
27. Lin I.G. Crowding space index and stand simulation of young western hemlock in Oregon. D.F. Thesis. Duke Univ., Durham, North Carolina. 1970. 193 p.
28. Lorimer C. G. Tests of age-independent competition indices for individual trees in natural hardwood stand simulation // «For.Res». №30. 1974. p.74-90.
29. Hamilton D.A. Event probabilities estimated by regression. USDA Forest Serv., Intermittent, Forest and Range Exp.stn.Res., Rep INT. 152. 1974. 18 p.
30. Heggi F. A simulation models for managing jack pine stands, Growth models for tree and stand simulation // «For.Res». №30. 1974. p. 74-90.