

В. С. Ипатов, Г. Г. Герасименко

ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОСТИ ДЕРЕВЬЕВ И ДРЕВОСТОЕВ С ПОМОЩЬЮ БОНИТИРОВОЧНЫХ ШКАЛ

Основным компонентом лесного фитоценоза, наиболее полно отражающим условия произрастания, является древостой. Древостой создает фитосреду в сообществе и вместе с экотопом определяет характер напочвенного покрова (травяно-кустарничкового и мохово-

лишайникового ярус). Развитый сформировавшийся древесный ярус относительно независим от напочвенного покрова. По состоянию (жизненности) слагающих его деревьев, в особенности господствующих, можно судить об условиях экотопа в данном сообществе. Если принять во внимание, что деревья имеют корневые системы, охватывающие, как правило, большую толщу грунта, чем виды травяно-кустарничкового яруса, то оценка экотопа по жизненности деревьев может оказаться более полной. Такие показатели жизненности деревьев, как ход роста по высоте и диаметру, поддаются измерению и позволяют получить ретроспективные оценки развития древостоев и условий среды.

В лесоведении широко используется понятие «бонитет насаждения» как оценка качества древостоя и условий произрастания лесного сообщества. Класс бонитета определяется по соотношению средней высоты насаждения и среднего возраста насаждения, т. е. бонитет следует считать показателем жизненности древостоя. Бонитет насаждения отражает комплекс действующих экологических факторов, с помощью этого показателя можно сравнивать различные лесные сообщества и прогнозировать изменения древостоев и в целом сообществ в процессе их роста. Несомненно, что этот показатель важен и полезен для геоботаников. Однако он используется в фитоценологических исследованиях редко и, если и приводится, то, как правило, не анализируется.

Этот факт вполне объясним. Во-первых, для определения бонитета необходимо знать возраст совокупности деревьев. Геоботаники не всегда оснащены бурами для определения возраста, поэтому эта операция сопряжена со значительными трудностями. Во-вторых, что более важно, бонитировочные шкалы и таблицы хода роста различных пород довольно несовершенны, имеют целый ряд недостатков, которые и делают показатель бонитета малоприменимым в геоботанических исследованиях. Отметим прежде всего следующие недостатки таблиц распределения насаждений по классам бонитета.

1. Для определения класса бонитета используются единые шкалы для разных пород. Как известно, закономерности хода роста различных пород неодинаковы. Это обстоятельство приводит к мысли о ненадежности получаемой оценки. Бонитетные таблицы должны быть составлены для каждой древесной породы [Ипатов В. С., 1964; Свалов Н. Н., 1967].

2. Признаком, по которому насаждения распределяются по классам бонитета, является средняя высота. При расчете этого показателя учитываются и угнетенные деревья. Наличие угнетенных деревьев — результат конкуренции между деревьями, т. е. ход роста угнетенных деревьев зависит в большей мере от их фитоценологического положения, а не от экологической обстановки. Кроме того, средняя высота насаждений изменяется в результате сильных проходных рубок [Свалов Н. Н., 1979]. Таким образом, бонитет, определенный по средним высотам, неадекватно отражает условия среды.

3. Оценка бонитета, особенно если она рассчитывается для взрослого насаждения, содержит «кумулятивный» эффект, характеризует «накопленное» состояние, т. е. в ней отражается прошлая ценологическая обстановка в данном сообществе, иной раз не поддающаяся расшифровке.

4. Имеющаяся бонитировочная шкала недостаточно дифференцирована. Представление бонитета с точностью до класса (классов в некоторых таблицах 3—5) малоинформативно.

Учитывая перечисленные выше недостатки бонитировочных шкал, а также некоторые специфические требования, возникающие у геоботаников при использовании бонитета, мы посчитали возможным усовершенствовать имеющиеся бонитировочные шкалы. С нашей точки

зрения, бонитировочные шкалы должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Полученная оценка бонитета должна адекватно отражать экологическую обстановку в насаждении, особенности конкурентных отношений должны как можно меньше влиять на эту оценку.

2. Необходимо иметь возможность оценивать не только «кумулятивный» бонитет, но и за любой предшествующий период, в любом более раннем возрасте древостоя, чтобы можно было восстановить экологическую обстановку и зафиксировать изменения в ней, если они имеются.

3. В ряде случаев имеет смысл получить более дифференцированную (дробную) оценку бонитета, чтобы избежать такой ситуации, когда насаждения, различающиеся почти на целый класс бонитета, имеют одинаковые оценки, а насаждения, незначительно отличающиеся друг от друга (имеющие значения, близкие к граничным значениям классов), различаются на класс.

4. Бонитировочные шкалы должны быть разбиты на классы, равные по объему, т. е. в одном и том же возрасте деревьев расстояние между границами классов должно быть постоянным. При соблюдении этого условия бонитеты обладают свойством аддитивности. Это значит, что мы можем рассчитывать бонитет для одного дерева, а для любой группы деревьев вычислять средний бонитет как среднее арифметическое бонитетов совокупности деревьев. Обычно бонитет определяется для всего насаждения по средней высоте древостоя, причем исходная совокупность деревьев должна быть достаточно велика. Геоботанику нередко приходится анализировать состояние небольших групп деревьев. Аддитивность бонитета позволяет это сделать.

Прежде чем приступить к изложению техники усовершенствования бонитировочных шкал, заметим, что для каждой из рассматриваемых древесных пород мы составили несколько шкал. Эти шкалы построены по показателям высоты, радиуса дерева и производных от радиуса. Основным показателем, по которому определяется бонитет, является радиус дерева в различном возрасте. Именно радиус и прирост по радиусу поддаются довольно точному измерению. Определить прирост по радиусу значительно проще технически (при наличии бура), чем определить прирост по высоте. Последняя операция представляется вовсе невыполнимой при необходимости получения массового материала.

На основании данных о ходе роста деревьев в толщину мы составили бонитировочные шкалы по радиусу, позволяющие оценить общий бонитет в момент измерения радиуса, и по десятилетнему приросту, по которым мы рассчитываем текущий бонитет за 10 последних лет в любом возрасте дерева, предшествующем моменту измерения. Шкалы составлены также для площади сечения и площади кольца. Последние две шкалы позволили приблизиться к оценке хода роста и прироста по массе, которая более полно отражает ростовые процессы дерева. Для достижения равенства классовых интервалов на этих шкалах мы были вынуждены изменить объемы классов, так как после операции возведения в степень они оказались неравными. В результате перестройки классов зона высоких бонитетов оказалась более дробной.

Для адекватной оценки условий местообитания следует определять бонитет по деревьям с наибольшим диаметром — господствующим, так как господствующие деревья наиболее устойчивы и являются надежным индикатором экологических условий в сообществе. На практике это те же деревья, по которым предлагается определять верхнюю высоту насаждения, если бонитировка проводится по этому показателю [Зейде Б. В., 1970; Свалов Н. Н., 1979].

Для того чтобы можно было установить соответствие бонитетов у разных пород, мы решили на всех шкалах выделить равное число классов — 10. В таком случае, к примеру, ель, относящаяся к 10-му классу бонитета (а не к 6-му), произрастает в наилучших условиях; наиболее благоприятным условиям для сосны соответствует 10-й, а не 9-й класс бонитета.

Техника построения бонитировочных шкал. За основу взяты таблицы хода роста нормальных сосновых насаждений (по данным ВНИИЛМа) и хода роста господствующей части еловых насаждений СССР (по А. В. Тюрину) и в них зависимости: возраст — диаметр и возраст — высота [Лесотаксационный справочник, 1980]. Проведены следующие преобразования.

1. От значений радиуса и высоты средних деревьев, приведенных в таблицах, переходим к характеристикам господствующих деревьев. Для этой цели используем редуциционные числа по высоте и по естественным ступеням толщины, предположив, что господствующие деревья составляют не более 10% от общего числа деревьев. Редуцированное число по радиусу — 1,37, по высоте — 1,14 [Анучин Н. П., 1982]. Значения высоты и радиуса из таблиц умножены на соответствующие редуциционные числа.

2. С помощью таблиц сбег древесных стволов без коры [Лесотаксационный справочник, 1980] рассчитываем значения радиуса деревьев без коры, что дает возможность определять текущий бонитет или общий бонитет за любой более ранний период времени.

3. Классы бонитетов должны быть равными по объему, это условие не выполняется для данных по радиусу. Кроме того, от характеристик середины классов, которые даны в таблице, необходимо перейти к границам классов, что позволит более точно определить бонитет деревьев, имеющих характеристики, переходные между двумя классами. Для этой цели мы воспользовались вспомогательным графиком. За основу взяты радиусы (или высоты) древостоев в 100-летнем возрасте, которые отмечались по оси абсцисс. На оси ординат — также значение радиусов (или высот) древостоев в различном возрасте. Далее для каждого класса возраста отмечаем значения радиуса (или высоты), достигаемые насаждением соответствующего бонитета, т. е. по оси x — значение признака в 100-летнем возрасте для каждого бонитета, по оси y — значения признака в этом же классе бонитета в 20, 30, 40, ..., 160 лет. Соединив точки для всех насаждений одного возраста, после незначительной корректировки получаем прямые линии (в наибольшей степени от прямой отличаются значения бонитета в 20—40 лет, аппроксимируя эти линии прямыми, допускаем некоторую условность для достижения аддитивности). Далее восстанавливаем перпендикуляры к оси x в точках, соответствующих границам равных классов бонитета, и снимаем с графиков нужные показания — значения радиуса (или высоты) в каждом классе бонитета по градациям возраста.

4. По полученным данным строим график зависимости радиус — возраст (высота — возраст) для всех классов бонитета, проводим незначительное выравнивание кривых в случае необходимости. В результате имеем веер кривых для 9 классов бонитета сосны и для 6 классов ели.

5. Переходим к равному числу бонитировочных классов для обеих пород. Условно выделяем 10 классов бонитета.

6. Принимаем обратную нумерацию классов бонитета. Эта формальная операция предлагалась и ранее [Бутенас Ю. П., 1976], она не служит препятствием к использованию бонитировочных шкал. Шкалы «открыты» сверху и снизу, расчетным путем для отдельных дере-

вьев мы можем получить значения бонитета больше десяти и меньше единицы, так как в основу построений положены средние данные из таблиц хода роста.

7. Для упрощения и формализации определения бонитета веер кривых хода роста заменяем одной из них — базовой и кривой шага (шаг — расстояние между соседними бонитировочными кривыми в определенном возрасте). Базовой линией условно считаем нижнюю границу 6-го бонитета. При расчете бонитета используем формулу

$$\text{Бонитет} = (R - \text{база}) / \text{шаг} + 6,$$

где R — радиус дерева в см. Для определения бонитета по высоте в приведенной формуле вместо значения радиуса подставляем значения высоты дерева.

8. Для получения бонитировочной шкалы прироста по радиусу на основании базовой кривой зависимости радиуса от возраста рассчиты-

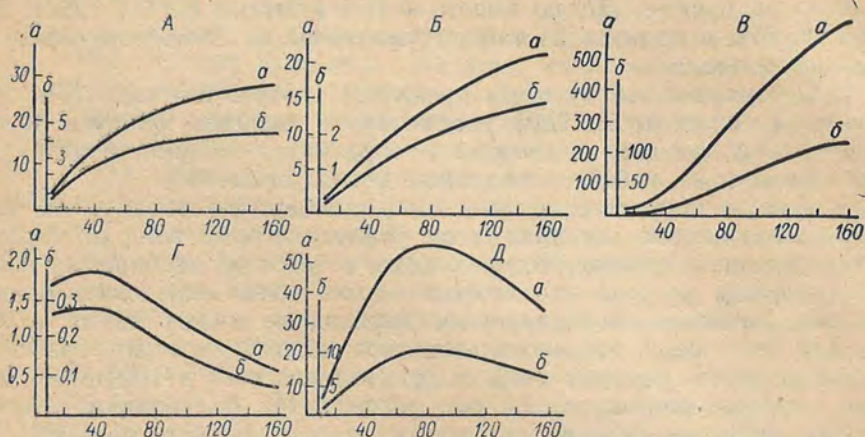


Рис. 1. Бонитировочные базовые и кривые шага для сосны.

a — базовая линия; $б$ — шаг. По оси абсцисс — возраст, лет; по оси ординат: А — высота, м; Б — радиус, см; В — площадь сечения, см²; Г — прирост по радиусу, см; Д — площадь кольца, см².

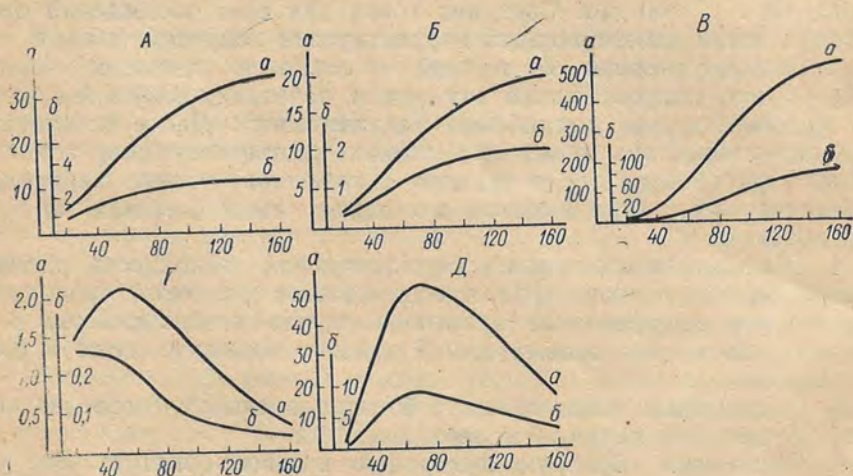


Рис. 2. Бонитировочные базовые и кривые шага для ели.

Обозначения те же, что и на рис. 1.

ваем прирост по десятилетиям, по значениям прироста строим базовую линию; аналогичным образом получаем кривую шага.

9. Чтобы построить бонитировочные шкалы по площади сечения и площади кольца, поступаем следующим образом. Для крайних бонитетов (1-го и 10-го), исходя из значений радиуса по десятилетиям, находим зависимости R^2 и $R^2 - r^2$ от возраста (R — радиус дерева в возрасте, большем на 10 лет, чем r). Амплитуду варьирования признаков в каждой градации возраста разбиваем на равные интервалы таким образом, чтобы получить 10 классов. Находим нижнюю границу 6-го бонитета, она соответствует базовой линии, интервалы между соседними бонитетами дают кривую шага. Шкалы построены без учета числа л.

10. При расчете бонитетов по всем имеющимся шкалам пользуемся формулой, приведенной в п. 7, подставляя вместо значения радиуса значения прироста по радиусу, площади сечения или площади кольца.

В качестве примера определим общий и текущий бонитеты одного конкретного дерева. Известно, что радиус сосны в возрасте 152 лет составляет 17,5 см, прирост за последние 10 лет — 0,7 см. Базовое значение общего бонитета по радиусу — 20,4 см, значение шага — 2,89 см. Подставив в формулу значения радиуса сосны, базы и шага, получим значение общего бонитета — 5,00. Для текущего бонитета база в 152 года равна 0,63 см, шаг — 0,08 см. Используя эту же формулу, определяем значение текущего бонитета; оно равно 6,8.

На рис. 1 и 2 представлены кривые базовой линии и шага для бонитетов сосны и ели по всем рассмотренным признакам. Они приведены для демонстрации общего характера изученных зависимостей, выполнены в мелком масштабе и пользоваться ими для определения бонитетов нельзя. Для того чтобы использовать предложенные бонитировочные шкалы в конкретном исследовании, необходимо построить «рабочую» таблицу, взяв за основу данные, приведенные в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Исходные данные для построения бонитировочных таблиц для сосны

Возраст, лет	Общий бонитет						Текущий бонитет			
	Высота H , м		Радиус R , см		Площадь сечения R^2 , см ²		Прирост по радиусу ΔR , см		Площадь кольца $R^2 - r^2$, см ²	
	База	Шаг	База	Шаг	База	Шаг	База	Шаг	База	Шаг
10	3.16	0.71	1.64	0.26	4.35	0.85	1.64	0.258	4.35	0.85
20	6.56	1.47	3.39	0.53	18.51	3.59	1.75	0.272	14.16	2.74
30	9.96	2.02	5.22	0.81	43.65	8.46	1.83	0.280	25.14	4.87
40	13.06	2.53	7.08	1.09	79.83	15.43	1.86	0.280	36.18	6.97
50	15.75	2.93	8.91	1.36	125.47	24.20	1.83	0.269	45.64	8.77
60	18.05	3.24	10.61	1.60	176.72	34.00	1.70	0.244	51.25	9.80
70	20.03	3.48	12.18	1.82	230.93	44.30	1.57	0.217	54.21	10.30
80	21.63	3.68	13.61	2.01	286.18	54.73	1.43	0.192	55.25	10.43
90	22.93	3.88	14.90	2.18	341.02	65.03	1.29	0.171	54.84	10.30
100	24.05	3.96	16.07	2.34	394.39	75.03	1.17	0.153	53.37	10.00
110	24.99	4.08	17.12	2.47	445.57	84.59	1.05	0.136	51.18	9.56
120	25.76	4.16	18.06	2.59	494.10	93.65	0.94	0.122	48.53	9.06
130	26.44	4.24	18.90	2.70	539.14	102.00	0.84	0.107	45.04	8.35
140	27.03	4.28	19.64	2.80	580.56	109.69	0.74	0.094	41.42	7.69
150	27.57	4.31	20.29	2.88	618.13	116.65	0.65	0.082	37.57	6.96
160	28.06	4.34	20.86	2.95	652.09	122.92	0.57	0.072	33.96	6.27

Примечание. Здесь и в табл. 2 значения площади сечения и площади кольца приведены без учета числа л.

На основании цифровых данных по десятилетиям нужно рассчитать показатели бонитета с интервалом в один год, аппроксимируя расстояния между значениями в 10, 20, ..., 160 лет отрезками прямой.

Таблица 2. Исходные данные для построения бонитировочных таблиц для ели

Возраст, лет	Общий бонитет						Текущий бонитет			
	Высота H , м		Радиус R , см		Площадь сечения R^2 , см ²		Прирост по радиусу ΔR , см		Площадь кольца $R^2 - r^2$, см ²	
	База	Шаг	База	Шаг	База	Шаг	База	Шаг	База	Шаг
20	4.10	0.71	1.73	0.31	5.39	1.07	1.46	0.265	3.50	0.65
30	7.26	1.13	3.49	0.58	20.50	4.05	1.76	0.271	15.11	2.98
40	10.90	1.57	5.52	0.85	47.82	9.24	2.03	0.266	27.32	5.20
50	14.61	1.90	7.68	1.09	89.67	17.05	2.16	0.245	41.85	7.77
60	18.09	2.14	9.76	1.30	139.07	25.87	2.08	0.210	49.40	8.82
70	21.07	2.30	11.66	1.47	191.72	34.88	1.90	0.169	52.65	9.01
80	23.60	2.43	13.35	1.61	244.07	43.41	1.69	0.134	52.35	8.53
90	25.73	2.54	14.83	1.71	293.87	51.13	1.48	0.107	49.80	7.72
100	27.51	2.62	16.10	1.80	340.02	58.16	1.27	0.089	46.15	7.03
110	28.98	2.69	17.18	1.88	381.72	64.50	1.08	0.077	41.70	6.34
120	30.18	2.75	18.08	1.95	418.64	70.10	0.90	0.068	36.92	5.60
130	31.21	2.80	18.81	2.01	450.24	75.10	0.73	0.061	31.60	5.00
140	32.13	2.84	19.39	2.06	476.54	79.56	0.58	0.054	26.30	4.46
150	32.97	2.87	19.83	2.11	498.24	83.41	0.44	0.048	21.70	3.85
160	33.10	2.90	20.19	2.15	515.74	86.71	0.36	0.043	17.50	3.30

Значения бонитета отдельных деревьев и древостоев могут быть использованы при решении довольно обширного круга геоботанических задач. Так, в лаборатории проведены работы по изучению влияния осушения на древостой разного возраста, закономерностей формирования древостая в разных элементах донного рельефа, особенностей ценогического развития деревьев в сходных экотопах и др. Преимущество использования бонитетных оценок в этих исследованиях заключается в том, что с их помощью возможно адекватное сравнение деревьев и древостоев разного возраста и за любой период их развития.

Отметим в заключение, что предложенные бонитировочные шкалы можно рассматривать как временные, так как они получены в результате преобразования с помощью редуционных чисел имеющихся таблиц хода роста. Наиболее точные шкалы можно построить лишь на основании кривых хода роста реальных господствующих деревьев всего диапазона экотопов, в которых встречается данная порода.

Summary

Quality scales to estimate trees and stands vitality were composed on the basis of the tables of the growth of pine and spruce stands. These estimates may be used to analyse the growth of the stands and to compare the stands in any given period of their development.

Литература

- Анучин Н. П. Лесная таксация. М., 1982. — Бутенас Ю. П. Усовершенствование разработки бонитетных шкал // Усовершенствование устройства лесов на почвенно-типологической основе. Вильнюс, 1976. — Зейде Б. В. Подбор древостоев одного естественного ряда // Лесоведение. 1970. № 2. — Ипатов В. С. О таблицах бонитирования насаждений // Вестн. Ленингр. ун-та. 1964, № 3. — Лесотаксационный справочник. М., 1980. — Свалов Н. Н. Методы составления таблиц классов бонитета // Лесное хозяйство. 1967, № 6. — Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. М., 1979.

Статья поступила в редакцию 17 марта 1986 г.