

ДИНАМИКА СОСТАВА ДРЕВОСТОЕВ КОДИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

Т.В. Батвенкина

Сибирский государственный технологический университет, 660049, Красноярск, пр. Мира, 82, mt_tamariks@bk.ru

Потребность составления математических моделей хода роста для высот, диаметров и запасов на 1 га давно известна и достаточно широко применяется. Однако модели, характеризующие динамику состава древостоев, составляются гораздо реже, так как полноценные таблицы хода роста в последние десятилетия практически не составляются.

В данной статье на основе выборочных данных таксационных описаний Кодинского лесничества приводятся регрессионные модели динамики состава основных лесообразующих пород. Модели, описывающие динамику основных элементов леса, характеризуются более низкими коэффициентами корреляции, которые колеблются от 0,702 до 0,945, и достаточно высокой стандартной относительной ошибкой уравнений, которая порой превышает $\pm 10\%$. Это связано с небольшой вариацией коэффициентов основного элемента леса. При подборе уравнений, описывающих совокупность пород, наиболее часто подходят квадратичное уравнение и полиномиальная функция третьего порядка. Коэффициент корреляции колеблется уже от 0,889 до 0,968, при низкой относительной ошибке, не превышающей $\pm 7\%$.

Анализ динамики состава хвойных и лиственных пород показал, что доля элементов леса хвойных пород с возрастом увеличивается, разница в коэффициентах состава зависит лишь от особенностей формирования тех или иных древостоев. Доля же элементов леса лиственных пород неизменно снижается, независимо от того на каком месте в составе они стоят. При этом участие березы наблюдается в древостоях всех хвойных пород Кодинского лесничества, осина же может либо вовсе отсутствовать (еловые), либо составлять от 5 % и менее (лиственничные древостои).

Проведенные исследования подтверждают необходимость разработки регрессионных моделей динамики среднего состава и дополнения ими таблиц хода роста, отражающих особенности роста насаждений конкретного региона.

Ключевые слова: состав древостоя, динамика состава, актуализация таксационных показателей, регрессионная модель, таблица хода роста.

The need of creating mathematical models of growth for heights, diameters, and stock on 1 hectare of well-known and widely used. However, models characterizing the dynamics of the composition of stands, are much less frequent as a full table of growth in recent decades is almost not compiled.

In this article, on the basis of sample data of forest inventory forestry Kodinsky forest area are given of the regression model the dynamics of the composition of the main forest species. Models describing the dynamics of the main elements of a forest, characterized by lower correlation coefficients, which range from 0,702 to 0,945, and a fairly high relative standard error equations, which sometimes exceed $\pm 10\%$. This is due to the variation of the coefficients of the basic element of the forest. The selection of equations describing a set of rocks, which are most often suitable quadratic equation and polynomial function of third order. The correlation coefficient ranges from to 0,968 0,889, at low relative error not exceeding $\pm 7\%$.

Analysis of the dynamics of the composition of coniferous and deciduous species showed that the proportion of elements of forests of coniferous species increases with age, the difference in the coefficients of a composition depends only on peculiarities of formation of those or other stands. The proportion of elements of hardwood forests has been steadily declining, regardless of where in the composition they are. The participation of birch is observed in stands of all Kodinsky forest area, aspen may either absent (fir), or to 5 % or less (larch trees).

The studies confirm the need to develop regression models of the dynamics of medium composition and additions of tables of growth, reflecting the growth characteristics of plantings of a particular region.

Keywords: structure of a forest stand, loudspeaker of structure, updating of taxation indicators, regression model, table of the course of growth.

ВВЕДЕНИЕ

Возможность использования таксационных описаний как информационной комбинации признаков для составления динамики таксационных показателей древостоев подтверждена многочисленными исследованиями (Гончарук, 2006). Математическое моделирование динамики таксационных показателей применяется очень широко.

Для основных лесообразующих пород Кодинского лесничества нами уже построены такие модели хода роста (Батвенкина, 2015). На основе выборочных данных таксационных описаний Кодинского лесни-

чества были подобраны регрессионные модели для средних высот, средних диаметров и запасов на 1 га.

Аналогично могут быть построены модели, описывающие динамику состава древостоев. В связи с этим в данной статье приведены результаты построения регрессионных моделей для основных лесообразующих пород Кодинского лесничества.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Общая методика исследований основана на анализе таксационных описаний Кодинского лесничества лесоустройства 2004 года.

По таксационным описаниям для каждой лесобразующей породы по каждому классу возраста (с I по X-XIII в зависимости от породы) отбиралось не менее 25 выделов со средней полнотой, что обеспечивало качественную однородность выбранных насаждений. Общее число выделов, вошедших в базу данных составило 1761.

Камеральная обработка материалов производилась на основании методических рекомендаций Н.П. Анучина (1982), В. С. Моисеева (1968) и И.В. Семечкина (1962).

По каждому классу возраста через число наблюдений были рассчитаны средние арифметические величины таксационных показателей древостоев: возраст, коэффициент состава, высота, диаметр, полнота и запас. При изучении зависимостей между средними

таксационными показателями, а также выравнивании их значений использовались аналитический и графический методы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Сначала для каждого класса возраста по исходным данным производился расчет среднего состава насаждений (таблицы 1 и 2). Это осуществлялось путем сложения всех коэффициентов состава каждого из элементов и деления полученной суммы на количество выделов в искомом классе возраста. Как видно из таблиц, элементы леса, составляющие менее 5 % в среднем составе, не учитывались. Как правило, это связано с тем, что такие элементы леса встречались, например, в пяти выделах из 25.

Таблица 1 – Средний состав хвойных насаждений

Возраст, лет	Сосновые древостои	Лиственничные древостои	Еловые древостои	Пихтовые древостои
10	5С1Л4Б	4Л1С4Б1Ос	3Е2Л5Б	4П1К1Л2Б2Ос
30	6С1Л3Б	3Л1С1Е5Б	4Е1Л5Б	4П1К2Е2Б1Ос
50	6С2Л2Б	4Л2С1Е3Б	4Е2Л4Б	4П1К2Е2Б1Ос
70	6С2Л1Б1Ос	4Л2С1Е3Б	4Е2Л4Б	4П1К1Л1Е2Б1Ос
90	7С1Л1Б1Ос	4Л2С1Е2Б1Ос	5Е2Л3Б	4П2Л1Е2Б1Ос
110	7С2Л1Б	4Л2С1Е2Б1Ос	5Е2Л3Б	4П2Л2Е1Б1Ос
130	7С2Л1Б	5Л2С1Е2Б	5Е3Л2Б	4П2Л2Е1Б1Ос
150	8С2Л	5Л2С1Е2Б	5Е3Л2Б	4П2Л2Е1Б1Ос
170	8С2Л	5Л2С1Е2Б	5Е3Л2Б	5П2Л3Е
190	7С2Л1Б	6Л1С1Е2Б	5Е1К2Л2Б	
210	7С2Л1Б	5Л2С1Е2Б	3Е1К2Л4Б	
230	7С2Л1Ос	5Л1С1Е2Б1Ос		
250	7С2Л1Ос	5Л2С1Е1Б1Ос		

Таблица 2 – Средний состав лиственных насаждений

Возраст, лет	Березовые древостои	Осиновые древостои
5	6Б2Ос1С1Л	6Ос3Б1С
15	6Б2Ос1С1Л	5Ос3Б2С
25	6Б2Ос1С1Л	5Ос3Б2С
35	6Б2Ос1С1Л	5Ос3Б1С1Л
45	6Б1Ос1С1Л1Е	5Ос2Б2С1Л
55	6Б2Ос1С1Л	5Ос2Б2С1Л
65	5Б2Ос2Л1Е	5Ос2Б2С1Л
75	5Б2Ос1С2Л	5Ос2Б2С1Л
85	5Б2Ос1С2Л	5Ос2Б2С1Л
95	6Б1Ос1С1Л1Е	5Ос2Б1С2Л
105	4Б4Ос2С	5Ос2Б1С2Л
115		5Ос1Б2С2Л
125		5Ос1Б2С2Л

Затем для каждой породы строились графики зависимости среднего состава от возраста насаждений. При этом сначала для основного элемента леса, а затем нарастающим итогом постепенно добавляя другие элементы леса. Обработка материалов про-

изводилась с применением программ Curve expert 1.3, Excel.

Как видно из предыдущих таблиц состав по классам возраста отличается не только по количеству единиц отдельных элементов леса, но и по наличию этих элементов в составе. Например, осина в сосновых древостоях присутствует только в IV-V, а также XII и XIII классах возраста. В связи с этим возникает необходимость группировать некоторые из элементов леса и в дальнейшем рассматривать их как единое целое. Как правило, группируют хвойные породы с наименьшими коэффициентами состава, либо между собой лиственные породы.

Характеристика уравнений приведена в таблице 3. Статистические показатели в таблице представлены коэффициентом корреляции (R) и относительной стандартной ошибкой ($\mu_{\text{отн}}$).

Затем по регрессионным моделям был рассчитан состав нарастающим итогом, а затем пришли к определению доли в составе (процента) каждого элемента леса. Полученные для каждого класса возраста значения округляем, увязываем состав до ста единиц. Результаты расчетов приведены в таблицах 4-9.

Таблица 3 – Параметры и показатели оценки адекватности моделей

Элемент леса	Вид уравнения	Параметры уравнения				Статистические показатели	
		a	b	c	d	R	коэф., %
Сосновые древостои							
С	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	48,45	0,2732	-0,0005	-0,000001	0,907	± 5,5
С+Л	$y = a + bx + cx^2$	57,27	0,4281	-0,0012	-	0,945	± 4,4
Лиственничные древостои							
Л	$y = a + bx + cx^2$	29,49	0,1968	-0,0005	-	0,760	±11,0
Л+С	$y = a + bx + cx^2$	41,89	0,2155	-0,0005	-	0,819	±7,1
Л+С+Е	$y = \frac{1}{a + bx + cx^2}$	0,020	-7,5839	1,8662	-	0,922	±0,6
Л+С+Е+Б	$y = a + bx + cx^2$	93,57	0,0437	-0,0002	-	0,925	±3,3
Еловые древостои							
Е	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	31,99	0,0577	0,0024	-0,000012	0,908	± 7,9
Е+Л,К	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	51,35	-0,1399	0,0056	-0,000022	0,968	± 4,8
Пихтовые древостои							
П	$y = a + bx + c / x^2$	52,80	0,0618	-1271,5	-	0,783	± 10,7
П+Л,Е,К	$y = \frac{1}{ax + b}$	-0,00003	0,0165	-	-	0,910	± 6,7
П+Л,Е,К+Б	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	75,04	0,6435	-0,0079	0,000029	0,964	± 1,9
Березовые древостои							
Б	$y = a + bx$	63,45	-0,1454	-	-	0,702	± 9,4
Б+Ос	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	75,08	0,7020	-0,0197	0,000126	0,889	± 3,7
Б+Ос+С,Е	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	84,16	0,8547	-0,0249	0,000173	0,905	± 3,6
Осиновые древостои							
Ос	$y = ab^{1/x} \cdot x^c$	42,32	3,6200	0,0465	-	0,945	± 13,6
Ос+Б	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	93,69	-0,8790	0,0117	-0,000550	0,953	± 4,1
Ос+Б+С	$y = ab^x$	101,56	0,9979	-	-	0,931	± 3,3

Таблица 4 - Динамика состава сосновых древостоев

Элемент леса	Процент элемента леса в возрасте (лет)												
	10	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250
С	51	56	61	65	68	71	73	74	75	74	73	71	68
Л	10	13	15	16	18	19	19	20	20	20	20	20	20
Б, Ос	39	31	24	19	14	10	8	6	5	6	7	9	12
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 5 - Динамика состава лиственных древостоев

Элемент леса	Процент элемента леса в возрасте (лет)												
	10	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250
Л	31	35	38	41	43	45	47	48	49	50	50	49	49
С	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Е	8	8	9	10	11	12	14	15	16	16	16	16	15
Б	42	39	35	32	28	25	21	19	17	16	15	15	16
Ос	6	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	6	6
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 6 - Динамика состава еловых древостоев

Элемент леса	Процент элемента леса в возрасте (лет)										
	10	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210
Е	33	36	39	43	47	51	52	52	49	43	34
Л, К	17	16	17	18	21	23	27	29	31	32	29
Б	50	48	44	39	32	26	21	19	20	25	37
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 7 - Динамика состава пихтовых древостоев

Элемент леса	Процент элемента леса в возрасте (лет)									
	10	30	50	70	90	110	130	150	170	
П	41	53	55	57	58	60	61	62	63	
Л, Е, К	21	12	13	14	17	19	22	26	31	
Б	19	23	23	20	15	10	6	4	5	
Ос	19	12	9	9	10	11	11	8	1	
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 8 - Динамика состава березовых древостоев

Элемент леса	Процент элемента леса в возрасте (лет)										
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105
Б	63	61	60	58	57	55	54	53	51	50	48
Ос	15	21	22	23	21	20	18	17	19	23	30
С, Е	10	10	10	10	10	10	10	11	13	15	22
Л	12	8	8	9	12	15	18	19	17	12	1
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 9 - Динамика состава осиновых древостоев

Элемент леса	Процент элемента леса в возрасте (лет)												
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125
Ос	59	52	52	52	52	52	52	53	53	53	53	53	54
Б	31	31	26	23	21	20	19	17	17	16	14	11	5
С	10	16	19	20	20	19	18	17	15	15	15	16	20
Л	-	1	3	5	7	9	11	13	15	16	18	20	21
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ таблицы 4 показывает, что доля сосны возрастает с 5 до 8 единиц к возрасту 170 лет, а затем чуть снижается, в то время как доля лиственницы в составе возрастает от 1 до 2 единиц. Доля лиственных пород в составе сосновых древостоев претерпевает самые большие изменения, однако это происходит в рамках общих закономерностей. В молодняках их доля составляет 3-4 единицы, а затем снижается до 1 единицы уже в 5 классе возраста.

В лиственных древостоях (таблица 5) доля лиственницы повышается с 3 до 5 единиц, доля сосны и ели остается неизменной, всего по одной единице, тогда как березы с возрастом снижаются с 4 до 2 единиц. Осина практически всегда составляет около 5 % и идет в составе знаком «+».

Доля ели в еловых древостоях (таблица 6) возрастает с 3 до 5 единиц к 90 годам, затем вновь снижается до 3 единиц к 210 годам. Доля лиственницы с кедром держится на одном уровне 2-3 единицы. Доля березы снижается с 5 до 2 единиц, немного увеличиваясь к 210 годам.

Анализируя пихтовые древостои (таблица 7), можно заметить, что доля пихты увеличивается с 4 до 6 единиц к 170 годам. Доля остальных хвойных пород, которые собраны в одну группу, увеличивается с возрастом, а участие в составе березы и осины практически равно между собой и постепенно снижается.

При анализе лиственных пород (таблицы 8 и 9) видно, что доля основного элемента леса составляет не менее 50 %. При этом участие в составе, как березы, так и осины с возрастом немного снижается, тогда как доля сосны с немного увеличивается. Что же касается лиственницы, то в березовых древостоях ее участие не подчиняется определенной закономерности, а в осиновых заметное участие наблюдается только с 45 лет, увеличиваясь до 2 единиц к 105 годам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования подтверждают возможность и необходимость разработки регрессионных моделей динамики состава и дополнения ими региональных таблиц хода роста.

В дальнейшем предполагается продолжить исследования по подбору таких моделей для основных лесообразующих пород других лесничеств Красноярского Приангарья. Также представляет интерес их сопоставление, объединение данных и построение на их основе таблиц хода роста основных лесообразующих пород в целом для Приангарья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Анучин, Н.П. Лесная таксация: учебник для вузов / Н.П. Анучин. – 5-е изд., доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
- Батвенкина, Т.В. Регрессионные модели хода роста основных лесообразующих пород Кодинского лесничества / Т.В. Батвенкина // Хвойные бореальной зоны. – 2015. – Т. XXXIII, № 3-4. – С. 116-121.
- Гончарук, В.В. Актуализация таксационных показателей насаждений Сибири: учебное пособие для самостоятельной подготовки студентов специальности 250201 Лесное хозяйство всех форм обучения / В.В. Гончарук, Т.В. Батвенкина. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 80 с.
- Моисеев, В.С. Методика составления таблиц хода роста и динамики товарной структуры модальных насаждений / В.С. Моисеев, А.Г. Мошкалев, Н.А. Нахабцев. – Л.: ЛенЛТА, 1968. – 87 с.
- Семечкин, И.В. Опыт использования данных глазомерной таксации для изучения динамики насаждений / И.В. Семечкин // Организация лесного хозяйства и инвентаризация лесов: сб. ст. - Вып. 1. – Красноярск: Красноярское книжное изд-во, 1962. – С. 119-131.

Поступила в редакцию 25.12.15
Принята к печати 10.05.16