

*Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»
Факультет «Природообустройство и лесное хозяйство»
Кафедра «Лесоводство и лесная таксация»*

На правах рукописи

Макаров Денис Александрович

**ВЗАИМОСВЯЗИ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОДАЛЬНЫХ
ДРЕВОСТОЕВ ОСИНЫ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание академической степени магистра лесного дела
по направлению 560900.68 «Лесное дело»

Направление специальной подготовки: «Лесоустройство, лесная таксация, управление
лесами и природопользование»

Научный руководитель: к.с.-х.н.,
доцент С.В. Кабанов

Саратов 2011

Работа выполнена на кафедре «Лесоводство и лесная таксация» Саратовского государственного аграрного университет им. Н.И. Вавилова

Научный руководитель: кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Кабанов Сергей Владимирович

Рецензент: кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
кафедры «Геодезия, гидрология и гидрогеология»
Карпушкин Алексей Владимирович

Защита магистерской диссертации состоится « » июня 2011 года на заседании государственной аттестационной комиссии в Саратовском государственном аграрном университете им. Н.И.Вавилова по адресу 410060, г. Саратов, ул. Советская, д. 60 ауд. _____

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале библиотеки Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Таксационные исследования лесов Саратовской области чаще всего затрагивали наиболее распространенные здесь дубовые древостои. Изучению таксационных особенностей насаждений других пород уделялось недостаточное внимание.

Вследствие усыхания дубрав, неграмотного ведения лесного хозяйства площадь мягколиственных пород постоянно увеличивается и составляет на сегодняшний день 27,8%. Лесным планом Саратовской области прогнозируется сохранение этой тенденции в ближайшее десятилетие. Поэтому всесторонне изучение этих лесов становится все более актуальной задачей как с точки зрения рационального ведения хозяйства в них, так и оценки, использования их ресурсного (сырьевого и экологического) потенциала.

Объектом наших исследований стали составляющие наибольшую долю (25%) среди мягколиственных насаждений – осиновые насаждения Саратовской области.

Цель исследования – изучить статистические параметры и взаимосвязи таксационных показателей модальных древостоев осины.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить природно-экономические условия Саратовской области;
- охарактеризовать место осины в лесном фонде Саратовской области и состояние осинников;
- установить статистические показатели таксационных параметров модальных осинников 2-го и 3-го классов бонитета по классам возраста;
- изучить взаимосвязи таксационных показателей древостоев осины 2-го и 3-го классов бонитета.

Научная новизна.

Впервые для объекта исследований изучена вариация таксационных показателей модальных древостоев осины и получены точные регрессионные модели взаимосвязей основных таксационных показателей древостоев.

Практическая ценность.

Результаты исследований уточняют представление о современном состоянии осинников Саратовской области. Выведенные регрессионные модели могут быть использованы для актуализации таксационных показателей древостоев осины 2-го и 3-го классов бонитета и оценки их сырьевых характеристик.

Апробация работы. Основные результаты диссертации исследований докладывались и обсуждались на ежегодных научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и магистрантов СГАУ им. Н.И. Вавилова (Саратов 2009-2011 гг.); на международной научно-практической конференции «Вавиловские чтения» (Саратов, 2010 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано две работы.

Личный вклад автора заключается в обосновании темы, определении цели и задач исследований, выборе участков исследования, разработке и уточнении методики исследований, в проведении полевых работ, анализе, обобщении и интерпретации представленных в диссертации материалов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, списка литературы и приложений. Текст диссертации изложен на 121 страницах печатного текста, включает 21 таблицу, 15 рисунков. Список литературы включает 101 наименование.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Статистические параметры таксационных показателей модальных древостоев осины 2-го и 3-го классов бонитета.

2.Регрессионные модели взаимосвязей таксационных показателей модальных древостоев осины 2-го и 3-го классов бонитета.

Глава 1.ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Саратовская область расположена на юго-востоке Европейской части России и граничит на севере с Пензенской и Ульяновской, на северо-востоке с Самарской и Оренбургской, юго-востоке и юге с Казахстаном и Волгоградской областью, на юго-западе и западе с Воронежской и Тамбовской областями.

Река Волга делит территорию области на две части: Правобережная часть, площадью 4,6 млн.га, и Левобережную - 5,5 млн.га. По своим природным условиям Правобережье и Левобережье области неодинаковы. Правобережье отличается от Левобережья большим разнообразием поверхности и более возвышенным рельефом. На востоке оно представлено Приволжской Возвышенностью, а на западе – восточной частью Донской равнины. Приволжская возвышенность, образующая высокий правый берег Волги, представляет собой сильно изрезанную речными долинами и оврагами площадь с преобладающими высотами 200-250 м. Общее падение высот идёт как в южном, так и в западном направлении.

Климат области вследствие удалённости её территории от морей и океанов, характеризуется ослаблением западного переноса воздушных масс и усилением континентальности, что проявляется в общем удлинении зимы, сокращении переходных периодов, увеличении морозоопасности в начале и конце вегетационного периода, возрастании годовой амплитуды колебания температур, уменьшении вероятности пасмурного неба и увеличением ясного.

Атмосферные осадки определяются, главным образом, циклонической деятельностью, которая наиболее интенсивна в западных районах и менее в юго-восточных. Среднегодовое количество осадков изменяется от 450 мм на западе до 300 мм и менее на юго-востоке. В отдельные годы отклонения от средних достигают значительных величин. Основной причиной засушливых сезонов является устойчивый антициклонический процесс, протекающий как над областью, так и над другими районами.

Глава 2. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЁМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

В программу исследований были включены следующие вопросы:

- изучить природно-экономические условия Саратовской области;
- по литературным источникам изучить состояние вопроса и написать литературный обзор;
- по материалам государственного лесного реестра охарактеризовать место осины в лесном фонде Саратовской области и общее состояние осинников;
- из электронных выдельных баз данных Базарно-Карабулакского, Новобурасского и Черкасского лесничеств Саратовской области сформировать выборку осиновых выделов; провести ее сверку с таксационными описаниями, выявить и исправить все ошибки;
- заложить 10 пробных площадей в наиболее типичных осиновых древостоях разного возраста;
- установить статистические показатели таксационных параметров осинников 2-го и 3-го классов бонитета по классам возраста;
- изучить взаимосвязи между таксационными показателями древостоев осины 2-го и 3-го классов бонитета;

Пробные площади закладывались и обрабатывались в соответствии с требованиями ОСТ-56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки». Для определения

достаточного количества деревьев на пробе использовали рекомендации С.Н. Свалова (1980), рассчитанными на определение среднего диаметра с 2%-ной точностью.

Обработка данных таксации пробных площадей проводилась с использованием программы LifeЛП.

При установлении взаимосвязей между таксационными показателями насаждений использовалось множественное регрессионное моделирование.

Статистическая обработка данных производилась на персональном компьютере с помощью программы Statistica 6.1 и CurveExpert.

Выборка из таксационных описаний трёх лесничеств Саратовской области – Черкасского, Базарно-Карабулакского и Ново-Бурасского составила 1613 выделов. Общая площадь насаждений – 9836,7 га. Распределение количества (числитель) и площади (знаменатель) таксационных выделов, вошедших в выборку, приводится в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Распределение количества (числитель) и площади (знаменатель) таксационных выделов, вошедших в выборку по классам возраста и классам бонитета

Бо- нитет	Класс возраста									Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	10	11	25	5	21	4	1	-	-	77
	52,5	42,7	116,5	13,5	65,3	52,6	2,3	-	-	345,4
2	67	100	119	66	185	181	113	8	-	839
	380,3	529,2	725,6	385,7	1368,8	1167,6	809,9	34,7	-	5401,8
3	77	61	74	75	100	132	104	9	1	633
	439,4	374,2	459,7	375,0	613,6	909,6	614,8	35,3	2,3	3823,9
4	5	4	8	3	4	13	13	12	1	63
	9,7	9,2	23,5	6,8	70,7	30,7	43,7	63,4	4,0	261,7
5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	3,9
Итого	160	176	226	149	310	330	231	29	2	1613
	885,8	955,3	1325,3	781,0	2118,4	2160,5	1470,7	133,4	6,3	9836,7

Для двух классов бонитета – 2-го и 3-го классов бонитета была получена выборка достаточная для дальнейших исследований по объему и охвату классов возраста. Площадь насаждений 2-го класса бонитета составила 54,9%, а 3-го класса бонитета – 38,9% от общей площади выделов выборки.

Возрастная структура осинников включает древостои 1 – 9-го классов возраста. Возрастная структура неравномерная, но в целом более равномерная по сравнению с другими древесными породами (такими, как порослевой дуб, сосна и другие). В интервале от 1-го класса возраста до 7-го площади классов возраста отличаются не более чем в 2 раза. Наибольшая площадь приходится на насаждения осины 6 и 5 классов возраста. В сумме они составляют 43,5%. Несколько меньшую площадь занимают насаждения 7-го (15,%) и 3-го (13,5%) классов возраста. Наиболее старовозрастные осинники 8-го и 9-го классов возраста, но их площадь очень мала (1,5%).

Возрастная структура осинников 2-го и 3-го классов бонитета близка к описанной для всех осинников.

Полнота осинников разнообразна, но практически более 90% осинников имеют полноту 0,7 и выше. Низкополнотные осинники встречаются очень редко. Осинников с полнотой 1,0 также не много (6,9%). Около 40% всех осинников имеют полноту 0,8. Насаждения с полнотой 0,7 и 0,9 занимают в сумме примерно такую же площадь (42,7%).

Выявлены типы условий местопроизрастания, на которых произрастают осинники (табл. 2.2). Наиболее широко осинники распространены в дубравных (57,8%) и судубравных (41,6%) условиях местопроизрастания. В субарях доля осинников составила всего 0,6%.

По условиям увлажнения осинники встречаются от сухих до влажных гигротопах. Наибольшую площадь в выборке составили осинники, произрастающие в свежих условиях (36,7%) и в переходных от сухих к свежим (45,8). 10,6% осинников приходится на переходные условия от свежих к влажным. Влажные осинники занимают всего 0,1% от выборки.

Почти половина осинников (45,8%) произрастают в эдатопах С 1-2 (табл. 2.3). Всего осинники зафиксированы в 10-ти эдатопах. Также большая площадь (27,9%) приходится на эдатоп Д2. Существенную представленность имеют еще два эдатопа – Д 2-3 и С2. Площади осинников в остальных эдатопах не велика.

В насаждениях 2-го бонитета наибольшая площадь приходится на эдатоп Д2 (44,1%), а в насаждениях 3-го класса бонитета – на эдатоп С1-2 (57,3%).

Таблица 2.2. Распределение количества (числитель) и площади (знаменатель) таксационных выделов, вошедших в выборку по классам бонитета и типам лесорастительных условий (ТЛУ)

Бонитет	ТЛУ										Общий итог
	В1	В2	Д1	Д2	Д2-3	С0-1	С1	С1-2	С2	С3	
1				20	20		1	21	14	1	77
				62,6	154,8		2,3	78,7	44,7	2,3	345,4
2	1	7	16	290	38		13	387	86	1	839
	0,4	26,9	84	2379,6	351		52,7	2067,8	434,5	4,9	5401,8
3	4	6	31	64	65	4	64	338	56	1	633
	14,1	20,6	204	307,1	493,5	22	234,9	2192,1	335	0,6	3823,9
4	2		1		13	2	11	34			63
	1,8		6,5		45,9	4,8	38,2	164,5			261,7
5								1			1
								3,90			3,9
Итого	7	13	48	374	136	6	89	781	156	3	1613
	16,3	47,5	294,5	2749,3	1045,2	26,8	328,1	4507	814,2	7,8	9836,7

Таблица 2.3. Распределение количества (числитель) и площади (знаменатель) таксационных выделов, вошедших в выборку по классам бонитета и типам леса

Бонитет	Типы леса												Общий итог
	Дбм	Дорл	Дос	Дост	Дпкл	Дсн	Дузм	Сд	Сдзл	Сдж	Сдтр	Сзлр	
1	15	5	20			20	1	13	2	1			77
	44,3	33,4	62,6			154,8	1	36,2	10,8	2,3			345,4
2	115	274	289	1	15	40	10	83	3	1	7	1	839
	506,4	1560,6	2369,3	14	80,3	353	41,3	433,3	11,4	4,9	26,9	0,4	5401,8
3	120	223	63	7	31	62	38	55	23	1	6	4	633
	564,8	1654,8	305,5	34,7	204	479,8	134,2	325,3	85,5	0,6	20,6	14,1	3823,9
4	21	13		2	1	13	10		1			2	63
	79,4	85,1		4,8	6,5	45,9	36,3		1,9			1,8	261,7
5	1												1
	3,9												3,9
Итого	272	515	372	10	47	135	59	151	29	3	13	7	1613
	1198,8	3333,9	2737,4	53,5	290,8	1033,5	212,8	794,8	109,6	7,8	47,5	16,3	9836,7

В осинниках, вошедших в выборку, отмечено 12 коренных типов леса, но достаточно большую площадь занимают только пяти: дубняк боромятликовый (12,2%),

дубняк орляковый (33,9%), дубняк волосистоосоковый (27,8%), дубняк снытевый (10,5%), сосняк дубовый (8,1%).

В соответствии с общими предпосылками регрессионного анализа при оценке уравнений связи нами приняты следующие положения (Дрейнер, Смит, 1973):

- регрессионная модель должна объяснять не менее 80% вариации изучаемого показателя;

- стандартная ошибка уравнения должна составлять не более 5% среднего значения предсказываемого признака;

- оценка значимости коэффициентов регрессии по t-критерию производилась на уровне значимости 0,05;

- остатки от регрессии должны быть минимальны и без заметной автокорреляции ($PI < 0,300$), нормально распределены и без систематической составляющей.

Критерий Фишера использовался как общий критерий значимости регрессии.

Известно, что основным фактором, определяющим динамику древостоев элементов леса и насаждений в целом являются условия местопроизрастания (Третьяков, 1927). Поэтому анализ динамики роста и установления взаимосвязей между таксационными показателями нами был проведен для древостоев одного уровня производительности.

Для надежного определения показателей требуется тщательный отбор зависимых и не зависимых переменных. При выборе зависимых переменных мы остановились на показателях роста, так как при их определении погрешности меньше, чем при определении показателей прироста (Кузьмичев, 1977). Основными независимыми переменными при изучении роста древостоев одного уровня производительности являются возраст, густота, полнота древостоев.

Глава 3. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РОСТА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДРЕВОСТОЕВ

Нормативы динамики основных таксационных показателей древостоев (главным образом таблицы хода роста) многие годы являлись и являются важнейшей составной частью рациональной системы учета лесов и лесопромышленного управления. Для моделирования роста, производительности, строения древостоев и развития леса современные исследователи широко применяют статистические приемы. В нашей стране в разработку таких таблиц и совершенствование методики их составления внесли вклад Варгас де Бедемар, М. М. Орлов, А. В. Тюрин, Н. В. Третьяков, Н. П. Анучин, П. В. Воропанов, П. В. Горский, В. К. Захаров, В. И. Левин, А. С. Матвеев-Мотин, Ф. П. Моисеенко, К. Е. Никитин, И. М. Науменко, В. В. Антанайтис, Ю. П. Бутенас, И. И. Гусев, В. В. Загреев, В. Б. Козловский, В. С. Мирошников, Я. К. Матузанис, В. С. Моисеев, А. Н. Поляков, И. В. Семечкин, Я. К. Тауринь, О. А. Трулль, А. Г. Шавнин и другие.

Несмотря на громадное число созданных таблиц, лесоуправляющая практика не имеет комплекта стандартизованных, достаточно точных таблиц, пригодных для всех стадий проектирования.

Глава 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСНОГО ФОНДА ОСИННИКОВ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Общая площадь лесов Саратовской области по состоянию на 1 января 2010 года составляет 732,9 тыс. га. Леса представлены естественными древостоями по поймам рек и в нагорной части территории, а также искусственно созданными насаждениями различных пород. С 1960-1961 по 2010 годы Мягколиственные насаждения по площади увеличились в два раза, по запасу – на 74 %. Площадь осинников по сравнению с 1960 годом увеличилась на 16 тыс. га, т.е. на 73%.

Лесным планом Саратовской области увеличение площадей мягколиственных насаждений, в особенности осины и березы не расценивается как отрицательное явление, так как это обстоятельство положительно влияет образом на биологическое разнообразие

лесов. Накопление запасов спелых и перестойных насаждений мягколиственных пород является отрицательной тенденцией и определяет недостаточный уровень интенсивности ведения лесного хозяйства (освоение расчетных лесосек и пр.), особенно в последнем ревизионном периоде.

На территории Саратовской области произрастают более 30 древесных и столько же кустарниковых пород. В лесном фонде хвойные породы произрастают на площади 78,5 тыс. га, на твердолиственные приходится 328,9 тыс. га, на мягколиственные – 160,3 тыс. га (табл. 4.1).

Основной лесообразующей породой области является дуб, который произрастает на площади 253,1 тыс. га. Площадь насаждений сосны составляет 77,4 тыс. га, осины – 40,4 тыс. га, березы – 32,9 тыс. га, липы – 32,9 тыс. га и ивы – 29,4 тыс. га. Таким образом, осиновые насаждения в Саратовской области занимают 7 % от общей площади земель, покрытых лесной растительностью. Осинники составляют наибольшую долю среди мягколиственных насаждений – 25 %.

Таблица 4.1. Породная структура лесов Саратовской области

Породы	УЛФ на 01.01.2010г.			
	Площадь, тыс. га	Доля к общей площади, %	Запас, млн. м3	Доля к общему запасу, %
1	2	3	4	5
Хвойное:				
Сосна	77,4	13,4	6,54	10,8
Лиственница	1,1	0,2	0,13	0,2
Ель	менее 0,1	0		
Итого хвойных	78,5	13,6	6,67	11
%	473		390	
Твердолиственные:		0		
Дуб в/ств.	30,9	5,4	3,89	6,4
Дуб н/ств.	222,2	38,5	25,72	42,5
Итого дуба	253,1	43,8	29,61	49
%	101		140	
Ясень	23,3	4	0,96	1,6
Клен	14,9	2,6	0,79	1,3
Вяз	36,4	6,3	1,77	2,9
Акация белая	1,2	0,2	0,03	0
Итого твердолиственных	328,9	57	33,17	54,9
%	123		150	
Береза	32,9	5,7	3,3	5,5
Осина	40,4	7,0	5,3	8,8
Ольха черная	8,4	1,5	1,17	1,9
Липа	32,9	5,7	5,61	9,3
Тополь	16,3	2,8	2,37	3,9
Ива древовид.	29,4	5,1	2,59	4,3
Итого мягколиственных	160,3	27,8	20,37	33,7
%	206		239	
Итого основные породы	567,7	98,3	60,21	99,6
%	157		186	

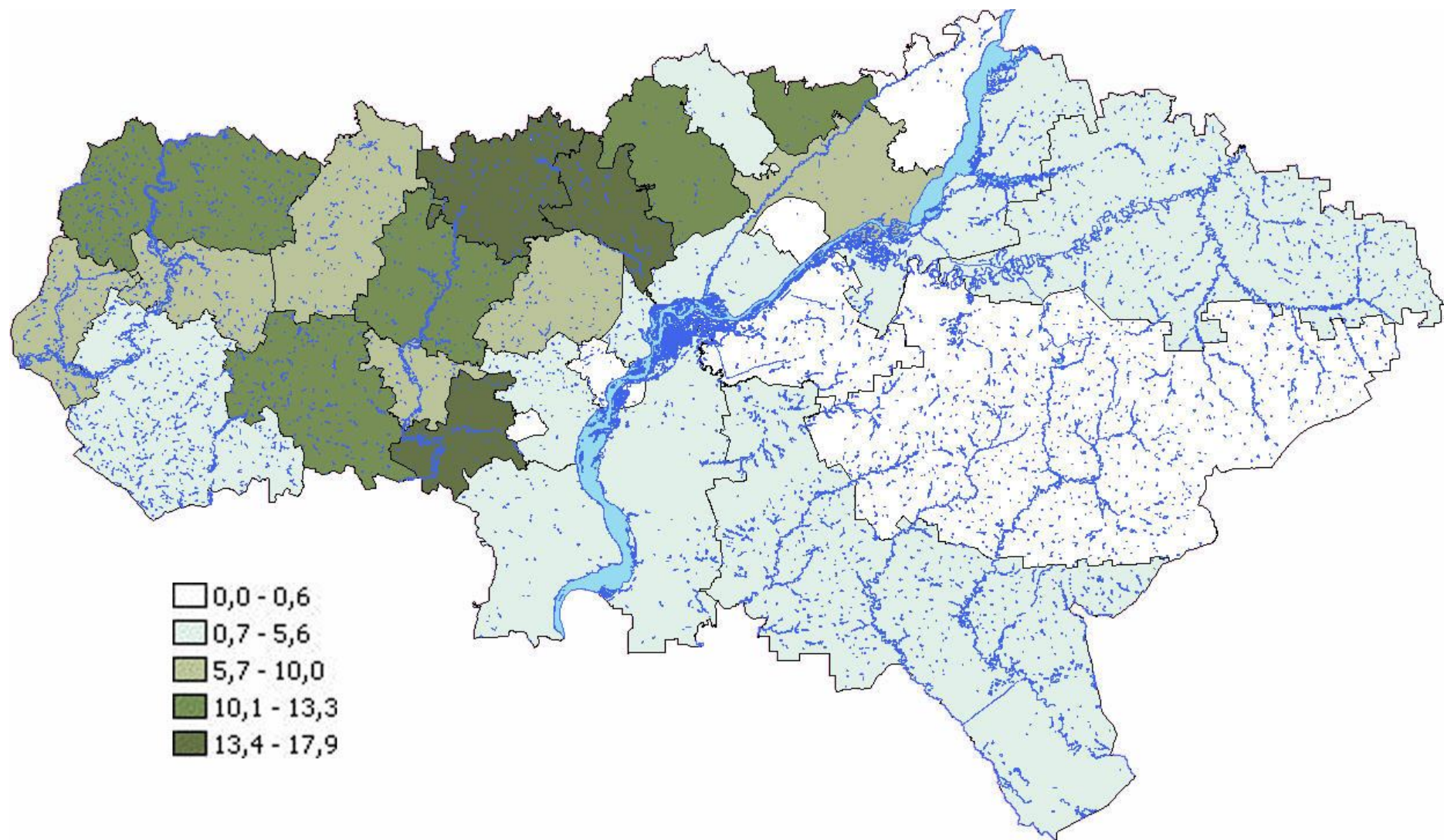


Рис. 4.1. Доля участия осины в лесном фонде лесничеств Саратовской области, %

Распределение осинников по лесничествам Саратовской области неравномерно. Осинники в основном сосредоточены в Правобережье Саратовской области. Наибольшая площадь осинников в нагорных лесах – в Базарно-Карабулакском, Новобурасском, Вязовском лесничествах, в пойменных лесах – в Ширококарамышском лесничестве (рис. 4.1).

Участие осинников в лесном фонде лесничеств наиболее высоко и превышает 10 % в Базарно-Карабулакском, Новобурасском, Петровском и Широко-Карамышском лесничествах. Основная масса осинников сосредоточена в центральной и северо-западной части правобережья области. В соответствии с ландшафтным районированием осинового насаждения приурочены к Карай-хоперскому, Изнаир-Аркадакскому, Елано-Елшанскому, Аткара-Баландинскому, Алай-Узинскому районам. Данное пространственное распределение не случайно и связано с наилучшими для осины местами произрастания.

Возрастная структура осинников неравномерная. В целом по области более половины осинников приходится на спелые и перестойные насаждения (53,0%), причем перестойных насаждений очень много – 16,0 % от общей площади. Молодняки составляют 20,5%, средневозрастные насаждения – 17,6% и наименьшая площадь приходится на приспевающие насаждения – 8,9%. Возрастная структура осинников отдельных лесничествах Саратовской области варьирует и в некоторых достаточно сильно отличается от средней по области (рис. 4.2).

Общий запас осинников составляет 648 тыс. м³. Доля осинников в общем запасе насаждений Саратовской области – 8,8%, что на 1,8% выше, чем по площади. 76,6% запаса осинников сосредоточен в спелых и перестойных лесных насаждениях, причем запас в перестойных насаждениях занимает 37,2%.

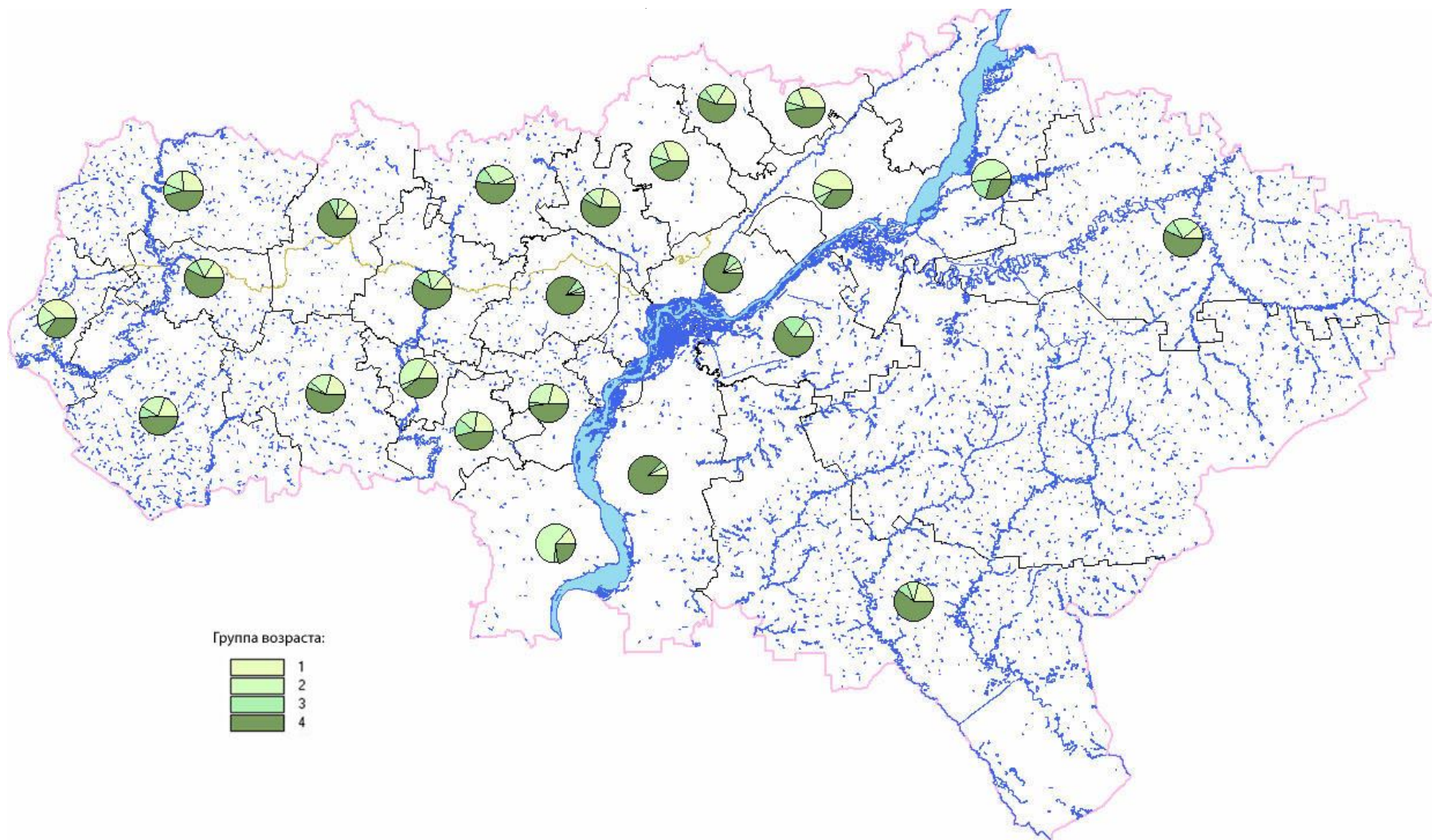


Рис. 4.2. Возрастная структура осинников лесничеств Саратовской области, %

Глава 5. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОСИННИКОВ

Степень варьирования основных таксационных показателей древостоев, таких как средняя высота (Н), средний диаметр осины (D), относительная полнота (Р) и запаса на 1 га (М), характеризуют табл. 5.1 и 5.2.

В модальных древостоях осины сохраняются все основные лесотаксационные закономерности.

Таблица 5.1. Основные статистики таксационных показателей насаждений осины 2 класса бонитета

Таксационные показатели	Класс возраста	Среднее \pm ошибка среднего	Минимальное значение показателя	Максимальное значение показателя	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
Н	1	3,5 \pm 0,16	1	6	1,34	38,2
	2	8,7 \pm 0,15	6	11	1,58	18,1
	3	12,3 \pm 1,26	11	15	1,59	12,9
	4	15,9 \pm 0,14	14	18	1,14	7,1
	5	18,7 \pm 0,07	17	22	1,08	5,7
	6	20,6 \pm 0,09	18	23	1,21	5,8
	7	21,9 \pm 0,09	19	24	0,96	4,3
	8	24,3 \pm 1,26	22	33	3,58	14,7
D	1	3,1 \pm 0,18	2	8	1,52	49
	2	7,8 \pm 0,18	4	12	1,80	23
	3	11,9 \pm 1,95	8	18	3,83	32,1
	4	16,8 \pm 0,30	14	24	2,50	14,8
	5	20,6 \pm 0,20	14	28	2,77	13,4
	6	23,6 \pm 0,17	18	30	2,31	9,7
	7	25,4 \pm 0,19	18	32	2,12	8,3
	8	29,7 \pm 1,43	26	36	4,06	13,6
Р	1	7,6 \pm 0,13	6	10	1,14	15,0
	2	8,2 \pm 0,11	4	10	1,14	13,9
	3	8,6 \pm 0,94	5	10	0,89	10,3
	4	8,0 \pm 0,15	6	10	1,27	15,8
	5	7,9 \pm 0,07	3	10	1,04	13,1
	6	7,8 \pm 0,06	5	10	0,85	10,8
	7	7,7 \pm 0,06	5	9	0,72	9,3
	8	6,6 \pm 0,46	4	8	1,30	19,6
М	1	2,1 \pm 0,15	1	5	1,22	58,0
	2	6,9 \pm 0,21	3	14	2,17	31,4
	3	11,3 \pm 2,26	6	18	5,11	45,2
	4	14,9 \pm 0,30	10	21	2,49	16,7
	5	19,5 \pm 0,24	8	27	3,36	17,2
	6	22,1 \pm 0,25	14	32	3,42	15,4
	7	23,9 \pm 0,30	15	32	3,24	13,5
	8	23,2 \pm 1,97	14	30	5,57	24,0

Таблица 5.2. Основные статистики таксационных показателей насаждений осины 3 класса бонитета

Таксационные показатели	Класс возраста	Среднее \pm ошибка среднего	Минимальное значение показателя	Максимальное значение показателя	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
Н	1	2,9 \pm 0,11	1	5	1,05	36,2
	2	7,2 \pm 0,17	6	11	1,33	18,4
	3	10,8 \pm 0,15	9	15	1,31	12,1
	4	13,2 \pm 0,16	11	20	1,39	10,5
	5	15,8 \pm 0,10	13	18	1,06	6,7
	6	17,6 \pm 0,08	14	20	1,03	5,8
	7	18,9 \pm 0,12	17	21	1,25	6,6
	8	21,0 \pm 0,37	20	23	1,11	5,2
D	1	3,0 \pm 0,14	2	6	1,27	42,3
	2	7,5 \pm 0,23	4	12	1,80	24,0
	3	11,3 \pm 0,24	8	18	2,12	18,7
	4	15,4 \pm 0,39	10	28	3,41	22,1
	5	18,9 \pm 0,28	12	28	2,83	14,9
	6	22,6 \pm 0,24	16	30	2,75	12,1
	7	24,4 \pm 0,25	16	32	2,63	10,7
	8	28,4 \pm 0,80	26	32	2,40	8,4
P	1	7,5 \pm 0,15	5	10	1,36	18,1
	2	7,6 \pm 0,20	4	10	1,59	20,9
	3	8,0 \pm 0,16	4	10	1,43	17,8
	4	7,9 \pm 0,18	4	10	1,56	19,7
	5	7,7 \pm 0,13	4	10	1,33	17,2
	6	7,5 \pm 0,10	4	10	1,25	16,6
	7	7,1 \pm 0,11	3	10	1,22	17,1
	8	6,7 \pm 0,57	3	9	1,71	25,5
M	1	1,7 \pm 0,11	1	7	0,96	56,4
	2	4,9 \pm 0,17	2	8	1,36	27,7
	3	8,9 \pm 0,31	4	17	2,67	30,0
	4	11,5 \pm 0,32	5	22	2,78	24,1
	5	14,5 \pm 0,30	8	22	3,07	21,1
	6	16,5 \pm 0,29	8	25	3,41	20,6
	7	17,5 \pm 0,35	6	25	3,63	20,7
	8	19,5 \pm 1,58	8	24	4,74	24,3

Из четырех рассматриваемых таксационных показателей наиболее сильно варьирует запас (до 56%). Сравнивая вариацию запаса 2-го и 3-го классов бонитета, можно отметить более высокую вариацию запаса в древостоях 3-го класса бонитета.

Вариация средней высоты древостоя составляет от 4,3 до 38,2%. Вариация с возрастом уменьшается, причем резко. Высокой вариацией высоты отличаются насаждения 1-го и 2-го классов возраста, а наиболее низкой – 5,6,7 классов возраста.

Вариация среднего диаметра составляет от 8,3 до 49,0%. Вариация с возрастом в целом имеет тенденцию к уменьшению. Высокой вариацией диаметра отличаются насаждения 1-го классов возраста, а наиболее низкой – 6 и 7 классов возраста.

Таким образом, вариация таксационных показателей с возрастом уменьшается. Однако в насаждениях осины 8-го класса возраста, она вновь начинает возрастать. Это объясняется тем, что в таком высоком возрасте происходит распад осинников, интенсивный отпад верхнего полога и формирование нового поколения осины, что усиливает разновозрастность древостоев и, как следствие, вариацию таксационных показателей.

Закономерных изменений вариации полноты с возрастом не прослеживается. Полнота варьирует примерно одинаково во всех классах возраста. Коэффициент вариации составляет от 9,3 до 25,5%, причем большее сильно варьирует полнота в древостоях 3-го класса бонитета.

Средняя полнота древостоев еще более стабильна и изменяется в узких пределах от 0,71 до 0,86. Несколько большее низкая средняя полнота отмечается в осинниках 3-го класса бонитета (от 0,71 до 0,80).

Глава 6. ВЗАИМОСВЯЗИ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОСИНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Таксационные исследования лесов Саратовской области чаще всего затрагивали наиболее распространенные здесь дубовые древостои. Изучению таксационных особенностей насаждений других пород уделялось недостаточное внимание. Объектом наших исследований стали модальные осиновые насаждения Саратовской области.

Перед тем, как приступить к моделированию взаимосвязей между таксационными показателями осиновых древостоев, были изучены корреляционные взаимосвязи между основными таксационными показателями насаждений.

В таблице 6.1 приведены корреляционные матрицы коэффициентов корреляции Пирсона между таксационными показателями модальных осиновых древостоев. В таблице 6.2 приведены корреляционные матрицы коэффициентов корреляции Спирмена между таксационными показателями модальных осиновых древостоев. Непараметрический коэффициент корреляции Спирмена дает более четкую характеристики тесноты нелинейных по форме связей.

Применение коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена дало в целом одинаковые результаты.

Парные связи возраста со средней высотой, диаметром и запасом очень тесные и тесные. Причем, в пределах класса бонитета коэффициенты корреляции выше, чем для всех классов бонитета вместе. Связь запаса, среднего диаметра и средней высоты с относительной полнотой слабая. Связь доли участия осины в составе древостоя слабо коррелирует с другими таксационными показателями (в том числе с возрастом) или вообще отсутствует.

Более высокие значения коэффициенты корреляции Спирмена указывает нелинейный характер некоторых связей – относительной полноты со средним диаметром и средней высотой.

Частные коэффициенты корреляции показали нам, при стабильных значениях остальных переменных связь среднего диаметра и средней высоты, относительной полноты со средним диаметром и высотой имеют обратный характер.

Развитие методов изучения роста древостоев пришло на современном этапе к широкому применению множественного корреляционного и регрессионного анализа. Регрессионное моделирование является действенным методом изучения сложных многопараметрических систем, к которым относятся лесные биогеоценозы (Кузьмичев, 1977; Лосицкий, Чуенков, 1980). Вычлняя из комплекса действующих и взаимодействующих факторов основные, определяющие общую изменчивость искомого параметра лесного фитоценоза факторы, регрессионная модель на том или ином уровне значимости «объясняет» эту изменчивость и дает возможность интерпретации полученного результата (Усольцев, 1980).

Таблица 6.1 Корреляционная матрица парных коэффициентов корреляции Пирсона таксационных показателей осинового древостоя

	Возраст, лет	Коэф-т осины в формуле состава	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Относительная полнота	Запас на 1 га, м ³		Возраст, лет	Коэф-т осины в формуле состава	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Относительная полнота	Запас на 1 га, м ³
	все классы бонитетов							3-ий класс бонитета					
Возраст, лет	1,00	0,02	0,92	0,95	-0,17	0,82	Возраст, лет	1,00	-0,02	0,97	0,95	-0,13	0,88
Коэф-т осины в формуле состава	0,02	1,00	0,14	0,03	0,19	0,22	Коэф-т осины в формуле состава	-0,02	1,00	0,01	-0,04	0,14	0,05
Средняя высота, м	0,92	0,14	1,00	0,94	-0,06	0,93	Средняя высота, м	0,97	0,01	1,00	0,95	-0,08	0,91
Средний диаметр, см	0,95	0,03	0,94	1,00	-0,19	0,83	Средний диаметр, см	0,95	-0,04	0,95	1,00	-0,18	0,84
Относительная полнота	-0,17	0,19	-0,06	-0,19	1,00	0,20	Относительная полнота	-0,13	0,14	-0,08	-0,18	1,00	0,25
Запас на 1 га, д. м ³	0,82	0,22	0,93	0,83	0,20	1,00	Запас на 1 га, д. м ³	0,88	0,05	0,91	0,84	0,25	1,00
	2-ой класс бонитета												
Возраст, лет	1,00	0,12	0,97	0,96	-0,16	0,92							
Коэф-т осины в формуле состава	0,12	1,00	0,18	0,09	0,19	0,26							
Средняя высота, м	0,97	0,18	1,00	0,96	-0,10	0,94							
Средний диаметр, см	0,96	0,09	0,96	1,00	-0,21	0,88							
Относительная полнота	-0,16	0,19	-0,10	-0,21	1,00	0,11							
Запас на 1 га, д. м ³	0,92	0,26	0,94	0,88	0,11	1,00							

Примечания: коэффициенты корреляции, статистически достоверные на 5% уровне, выделены полужирным шрифтом

Таблица 6.2 Корреляционная матрица парных коэффициентов корреляции Спирмена таксационных показателей осинового древостоя

	Возраст, лет	Кэф-т осины в формуле состава	Средняя вы-сота, м	Сред-ний диа-метр, см	Относи-тельная полнота	Запас на 1 га, м ³		Возраст, лет	Кэф-т осины в формуле состава	Средняя высота, м	Средн-ий диаметр, см	Относи-тельная полнота	Запас на 1 га, м ³
	все классы бонитетов							3-ий класс бонитета					
Возраст, лет	1,00	-0,00	0,88	0,93	-0,19	0,79	Возраст, лет	1,00	-0,04	0,96	0,93	-0,14	0,85
Кэф-т осины в формуле состава	-0,00	1,00	0,13	0,00	0,20	0,21	Кэф-т осины в формуле состава	-0,04	1,00	-0,02	-0,06	0,13	0,04
Средняя высота, м	0,88	0,13	1,00	0,90	-0,09	0,94	Средняя высота, м	0,96	-0,02	1,00	0,94	-0,11	0,89
Средний диаметр, см	0,93	0,00	0,90	1,00	-0,23	0,79	Средний диаметр, см	0,93	-0,06	0,94	1,00	-0,20	0,80
Относительная полнота	-0,19	0,20	-0,09	-0,23	1,00	0,18	Относительная полнота	-0,14	0,13	-0,11	-0,20	1,00	0,24
Запас на 1 га, д.м ³	0,79	0,21	0,94	0,79	0,18	1,00	Запас на 1 га, д.м ³	0,85	0,04	0,89	0,80	0,24	1,00
	2-ой класс бонитета												
Возраст, лет	1,00	0,10	0,96	0,93	-0,18	0,88							
Кэф-т осины в формуле состава	0,10	1,00	0,16	0,06	0,20	0,26							
Средняя высота, м	0,96	0,16	1,00	0,92	-0,15	0,93							
Средний диаметр, см	0,93	0,06	0,92	1,00	-0,26	0,82							
Относительная полнота	-0,18	0,20	-0,15	-0,26	1,00	0,10							
Запас на 1 га, д.м ³	0,88	0,26	0,93	0,82	0,10	1,00							

Примечания: коэффициенты корреляции, статистически достоверные на 5% уровне, выделены полужирным шрифтом

Таблица 6.3 Характеристика линейных регрессионных уравнений и уравнений приводимых к линейному виду

Зависимая переменная	Класс бонитета	Вид уравнения	Скорректированный коэффициент детерминации	Стандартная ошибка уравнения	F-критерий
1	2	3	4	5	6
H, м	2	$H = 0,025786 + 0,534546A - 0,003114A^2$	0.972	0.9657	14777
		$\ln H = -0.150413 + 0.789003 \ln A$	0.967	0.0995 (1.1046)	24712
		$H = 2.231558 + 0.531483A - 0.582486P + 0.00306A^2 + 0.040831P^2$	0.973	0.9628	7435
		$\ln H = -0.577619 + 0.785721 \ln A + 0.083433 \ln^2 A + 0.130998 \ln P$	0.970	0.0954 (1.1000)	8994
		$H = -0.607085 + 0.52569A + 0.129305A^2 - 0.003017A^3$	0.974	0.9442	10318
	3	$H = -0.116281 + 0.0455531A - 0.002531A^2$	0.971	0.9305	10531
		$\ln H = -0.538618 + 0.846637 \ln A$	0.970	0.1101 (1.1164)	20241
		$H = -0.510041 + 0.45313A - 0.054369P - 0.002494A^2$	0.971	0.9282	7056
		$H = -0.539036 + 0.452878A + 0.005418A^2 + 0.053621P - 0.002491A^2$	0.971	0.9289	5284
D, см	2	$D = -0.610037 + 0.891342H + 0.013128H^2$	0.921	2.1319	4903
		$D = -0.8077733 + 0.543632A - 0.002124A^2$	0.925	2.0861	5139
		$\ln D = -0.549751 + 0.553531 \ln A + 0.480889 \ln H$	0.959	0.1326 (1.1418)	9785
		$D = 4.454082 + 0.581991A - 0.139247A^2 - 0.580699P - 0.002668A^3$	0.932	1.9802	2876
	3	$D = 0.413778 + 0.793107H + 0.024928H^2$	0.918	2.2285	3560
		$D = -0.536854 + 0.483616A - 0.001547A^2$	0.908	2.3658	3123
		$\ln D = -0.501674 + 0.570208 \ln A + 0.444076 \ln H$	0.945	0.1672 (1.1820)	5509
		$D = 2.695120 + 0.503321A - 0.446261P - 0.001849A^2$	0.914	2.2869	2243
		$D = 3.411997 + 0.509550A - 0.133958A^2 - 0.427756P - 0.001929A^2$	0.915	2.2781	1697

1	2	3	4	5	6
M, д.м ³	2	$M = -1.68420+0.91670H+0.01114H^2$	0.893	2.4629	3477
		$M = -2.08685+0.58308A-0.00288A^2$	0.857	2.8422	2507
		$M = -15.0895+0.2419\%Oc+0.4939H+1.7048P+0.0272H^2$	0.951	1.6548	4105
		$M = -20.9496-0.7797\%Oc+0.5069H+4.2192P +0.0676\%Oc^2+0.0265H^2$	0.954	1.6185	2867
		$\ln M = -2.84643+0.06712\ln\%Oc+1.34218\ln H+0.8357\ln P$	0.980	0.1044 (1.1100)	14025
	3	$M = -0.751134+0.729176H+0.013708H^2$	0.837	2.4956	1617
		$M = -1.60771+0.4346A-0.00213A^2$	0.792	2.8201	1198
		$M = -11.241+0.4558H+1.4954P+0.00206H^2$	0.949	1.3969	3898
		$M = -15.3012+0.4792H+2.6239P+0.0257H^2-0.0767P^2$	0.950	1.3822	2990
		$\ln M = -2.77754+1.30537\ln H+0.89862\ln P$	0.982	0.11039 (1.1167)	17089

Регрессионные модели строятся обычно на основе линейных связей, поэтому при наличии криволинейных зависимостей они приводятся к линейному виду путем преобразования системы координат (логарифмированием, возведением в степень, извлечением корня) Такой прием не является бесспорным, но по мнению многих исследователей не уводит далеко от истины (Уткин, 1982).

Полученные регрессионные уравнения линейного вида и приводимые к линейному виду приводятся в таблице 6.3. Все коэффициенты уравнений статистически достоверны на 5% уровне значимости. Высокие значения скорректированных коэффициентов детерминации и низкие средние ошибки аппроксимации свидетельствуют о правомочности существования всех приведенных в этой таблице моделей.

Наиболее точно возрастная динамика средней высоты модальных древостоев осины моделируется на основе параболы второго порядка, к которой во втором бонитете добавлен коэффициент участия осины в составе, а третьем бонитете – относительная полнота.

Возрастная динамика среднего диаметра осины в древостоях второго бонитета описывается уравнением линейного вида с участием возраста, квадрата возраста, относительной полноты и доли участия в составе осины; в древостоях третьего бонитета – степенным уравнением, приведенным к линейному виду путем логарифмирования переменных, а именно – возраста и высоты.

Возрастная динамика запаса модальных осинников второго и третьего классов бонитета лучше всего описывается степенным уравнением, приведенным к линейному виду путем логарифмирования переменных. Для второго бонитета это средняя высота, относительная полнота и доля участия в составе древостоя осины; для третьего бонитета – только средняя высота и относительная полнота.

Также был получен ряд нелинейных регрессионных уравнений зависимостей средней высоты, среднего диаметра и запаса на 1 га от возраста. Нелинейное оценивание параметров уравнений проводится итерационным методом. Нами для этих целей использовалась программа CurveExpert. Вид зависимостей, коэффициент корреляции зависимой и независимой переменных, средняя ошибка оценивания приводится в таблице 6.4.

Приводимые в таблице 6.4 зависимости по точности оценивания близки к моделям, коэффициенты которых получены методом наименьших квадратов. Их преимущество перед последними заключается в том, что многие из представленных зависимостей являются функциями роста и имеют S-образный вид.

Кривая роста, описываемая такой функцией, исходит из точки начала координат, имеет точку перегиба и, возрастая, приближается к асимптоте, параллельной оси возраста. Преимуществом таких функций в сравнении с любыми регрессионными уравнениями является то обстоятельство, что они содержат в себе предварительную информацию о ходе роста. В результате этого выборочные оценки параметров функций, соответствующих требованиям, предъявляемым к функциям роста, достигают большей эффективности и стабильности.

Таблица 6.4. Характеристика нелинейных зависимостей

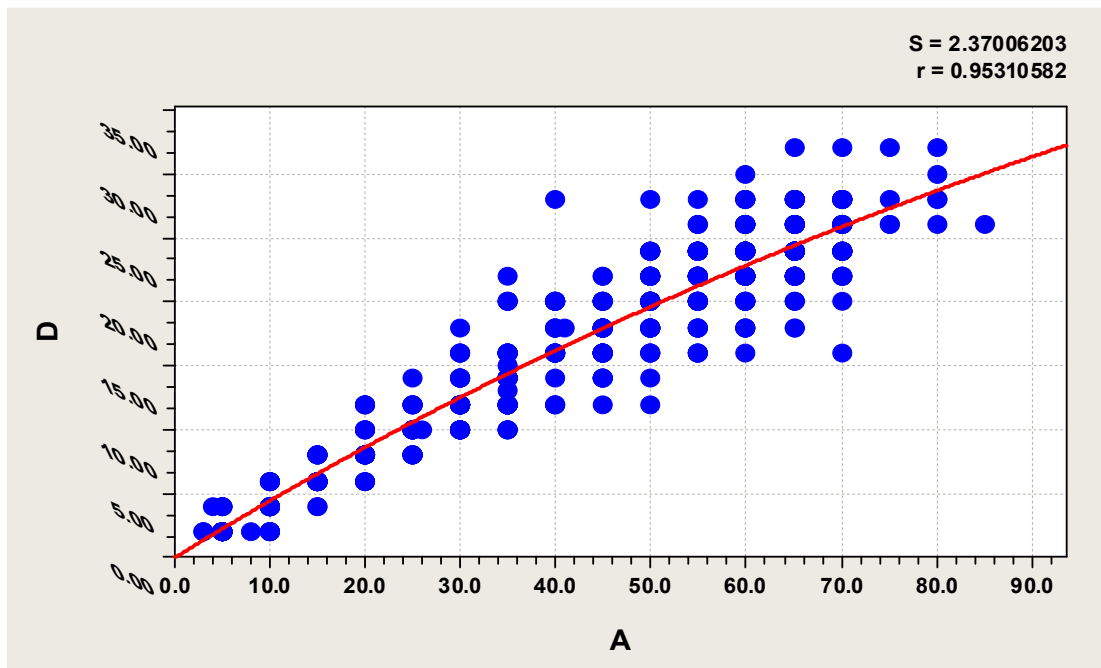
Зависимая переменная (Y)	Номер уравнения	Вид уравнения	Коэффициент корреляции	Средняя ошибка оценивания
H, м	1	$H = \frac{1.10295 + 5.27837x}{1 + 3.2379x + 8.872001x^2}$	0.9880	0.8986
	2	$H = \frac{1.15388 \cdot 1.84696 + 3.14080x^{1.43072}}{1.84696 + x^{1.43072}}$	0.9880	0.8992
	3	$H = 3.00604(1 - e^{-1.99618x})$	0.9876	0.9144
	4	$H = -3.438232 + 5.96615 \cos(1.13958x - 9.15689)$	0.9879	0.9034
D, см	5	$D = \frac{1.14785 + 4.19833x}{1 + 4.29659x + 8.38678x^2}$	0.9623	2.0747
	6	$D = \frac{1.20588 \cdot 4.05304 + 4.49803x^{1.49164}}{4.05304 + x^{1.49164}}$	0.9623	2.0748
	7	$D = \frac{2.78759}{1 + 8.96288e^{-6.85019x}}$	0.9603	2.1251
	8	$D = -1.28795(9.83392 - e^{-2.65025x})$	0.9548	2.2661
M, д.м ³	9	$M = \frac{-5.27071 + 3.83035x}{1 + 8.26445x + 1.35787x^2}$	0.9275	2.8256
	10	$M = \frac{6.61632 \cdot 6.28890 + 3.42564x^{1.72533}}{6.28890 + x^{1.72533}}$	0.9273	2.8296
	11	$M = \frac{2.49042}{1 + 1.07028e^{-7.78447x}}$	0.9250	2.8701
	12	$M = 5.63612(1 - e^{-8.49035x})$	0.9236	2.8932

Примечание: X – возраст древостоя, лет

Для описания динамики модальных древостоев осины наиболее подходящими, дающие хорошие результаты при описании всех трех зависимых переменных (H, D, M) оказалась следующие функции:

MMF Model	$y = (ab + cx^d)/(b + x^d)$
Rational Function	$y = (a + bx) / (1 + cx + dx^2)$
Exponential Association (2)	$y = a (1 - \exp(-bx))$
Logistic Model	$y = a / (1 + b \exp(-cx))$
Exponential Association (3)	$y = a*(b - \exp(-cx))$

Качество этих функций можно оценить по графикам (рис. 6.1).

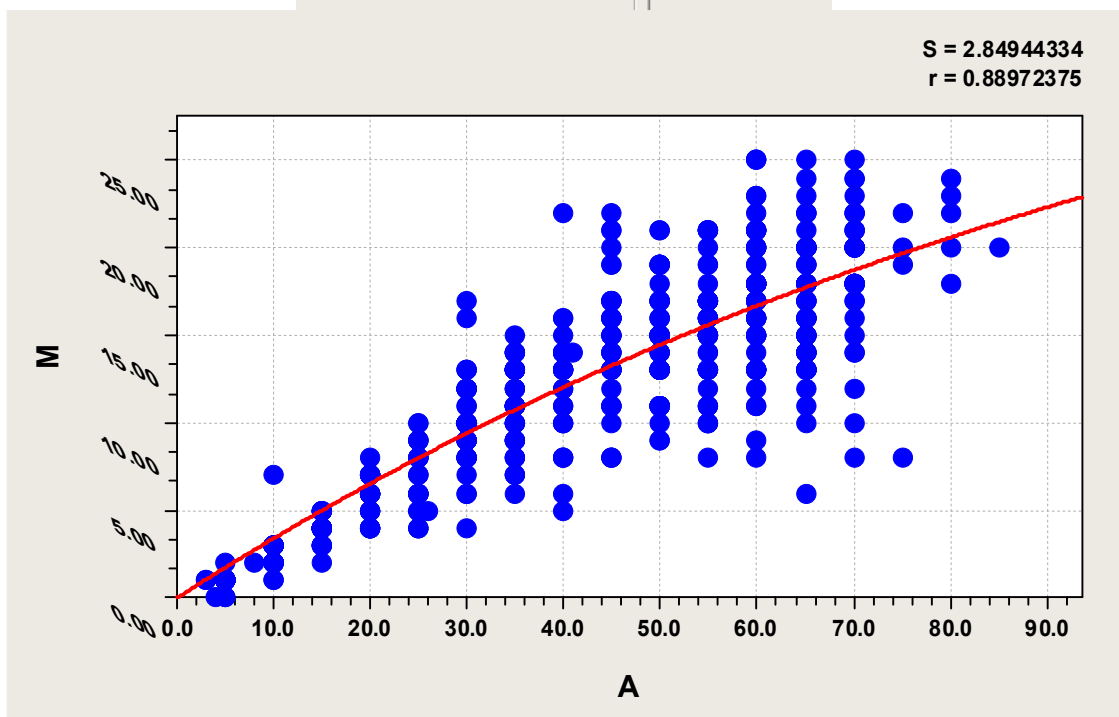


Exponential Association

$$y = a(1 - e^{-bx})$$

Coefficients:

a = 7.08004815331E+001
b = 6.50425563679E-003



Exponential Association

$$y = a(1 - e^{-bx})$$

Coefficients:

a = 4.15018536318E+001
b = 8.58939373147E-003

Рис. 6.2. Графическое представление нелинейных зависимостей для осинников 3-го класса бонитета

В качестве единой модели для всех классов бонитета для выравнивания изменений с возрастом средней высоты, среднего диаметра и запаса древостоя на 1 га можно предложить функцию роста Берталанфи, известной в таксационной литературе как функция Дракина-Вуевского или Ричарда-Чэпмена (1963).

Интегральное уравнение этой функции имеет вид:

$$Y = C1(1 - \exp^{-C2 \cdot A})^{C3}$$

Коэффициенты модели имеют следующую биологическую трактовку:

C1- представляет собой максимально возможное значение ростовой функции (асимптоту), т.е. отражает величину использованного потенциала условий произрастания;

C2 - масштабирует временную ось и характеризует скорость роста древостоя, будучи пропорциональным возрасту кульминации прироста.

Величина $C1 \cdot C2 (1 - 1/C3) \exp (C3 - 1)$ – дает максимальное значение текущего прироста.

$\ln(C3) / C2$ – есть точка перегиба ростовой функции.

Использование этой функции различными исследователями (Черных, 2000; Швиденко, 2008) показало, что она хорошо описывает особенности роста различных пород для различных условий произрастания и режимов хозяйства.

Полученные параметры этой функции и оценочные характеристики приводятся в таблице 6.5. Использовался Квази-Ньютоновский метод оценивания в программе Statistica 6.1.

Таблица 6.5. Характеристика уравнений функции Ричарда-Чэпмена

Таксационный показатель	Параметры функции			Коэффициент корреляции R	Итоги функции потерь
	C1	C2	C3		
Класс бонитета – 2					
H, м	28,07957	0,024599	1,117241	0,9864	767
D, см	40,41059	0,018259	1,263210	0,9619	3617
M, д.м ³	30,40082	0,030029	1,665050	0,9265	6693
Класс бонитета – 3					
H, м	24,76527	0,023723	1,151598	0,9857	534
D, см	45,35191	0,013826	1,189536	0,9532	3516
M, д.м ³	22,49725	0,030966	1,719157	0,8910	4953

На рис. 6.3 представлены зависимости Блэкмана-Чепмана в графическом виде.

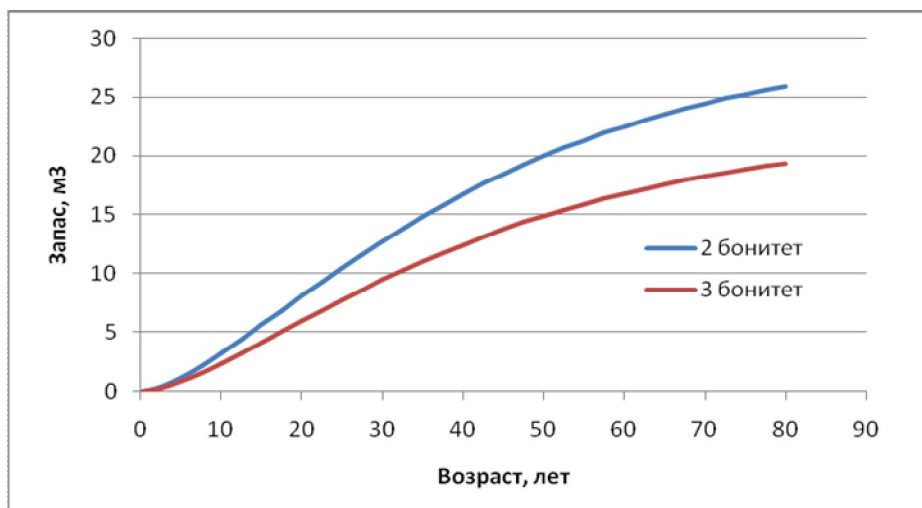
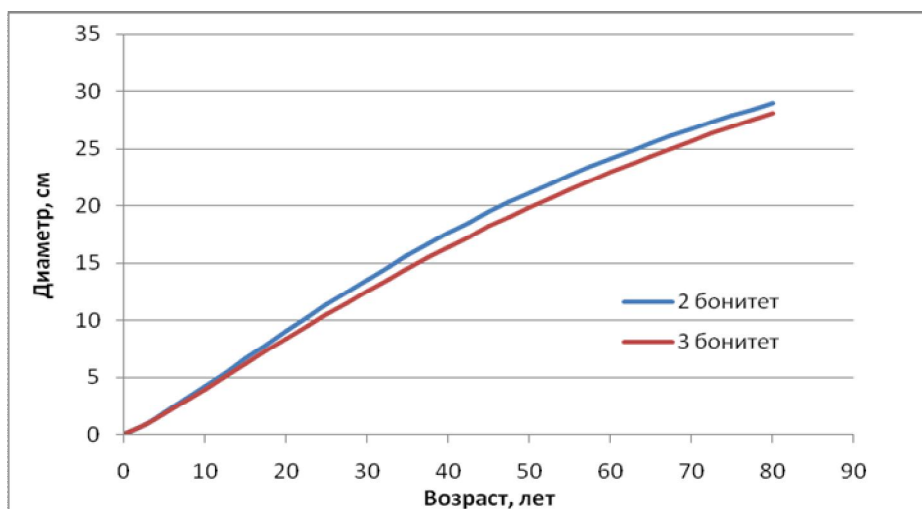
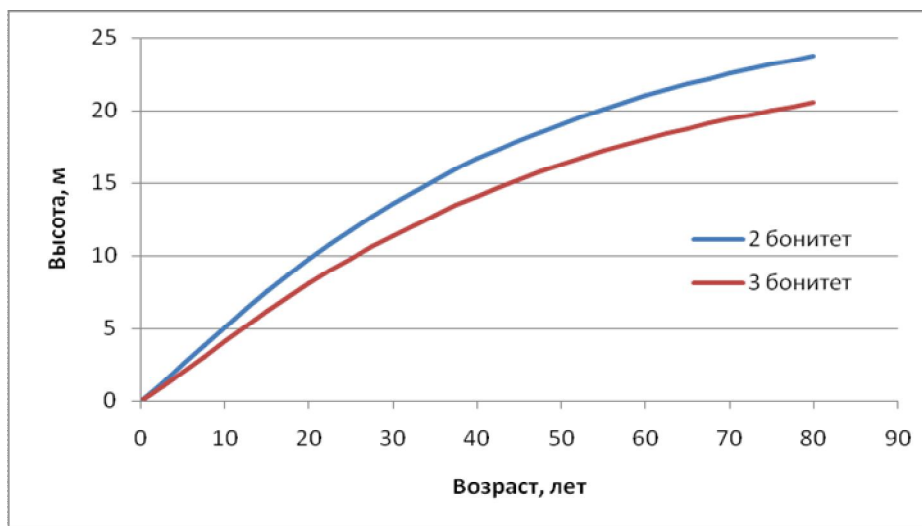


Рис. 6.3. Графическое изображение зависимостей Блэкмана-Чепмана для древостоев осины 2 и 3 классов бонитета

ВЫВОДЫ

1. Площадь осиновых насаждений в Саратовской области составляет 40,4 тыс., что составляет 7% от общей площади земель, покрытых лесной растительностью. На осинники приходится наибольшая доля среди мягколиственных насаждений – 25%. По сравнению с 1960 годом площадь осинников увеличилась на 16 тыс. га, т.е. на 73%.

2. Осинники в основном сосредоточены в нагорных лесах Правобережья Саратовской области в Базарно-Карабулакском, Новобураском, Вязовском лесничествах, а в пойменных лесах – в Ширококарамышском лесничестве. Наиболее высоко (более 10%) участие осинников в лесном фонде Базарно-Карабулакского, Новобураского, Петровскоого и Широко-Карамышского лесничеств.

3. Возрастная структура осинников неравномерная. Более половины насаждений – спелые и перестойные (53,0%), причем значительна площадь перестойных насаждений – 16,0%. Молодняки составляют 20,5%, средневозрастные насаждения – 17,6%, приспевающие – 8,9%.

4. Общий запас осинников составляет 648 тыс. м³. Доля осинников в общем запасе насаждений Саратовской области – 8,8%, что на 1,8% выше, чем по площади. 76,6% запаса осинников сосредоточен в спелых и перестойных насаждениях, причем запас в перестойных насаждениях занимает 37,2%.

5. Таксационные показатели модальных осинников 2-го и 3-го классов бонитета соответствуют нормальному распределению. В модальных древостоях осины сохраняются все основные лесотаксационные закономерности.

6. Среди основных таксационных показателей древостоев осины наиболее сильно варьирует запас (до 56%). Вариация запаса в древостоях 3-го класса бонитета выше, чем в древостоях 2-го класса бонитета. Вариация средней высоты древостоя составляет от 4,3 до 38,2% и с возрастом резко уменьшается. Вариация среднего диаметра составляет от 8,3 до 49,0% и с возрастом в целом имеет тенденцию к уменьшению. В насаждениях 8-го класса возраста отмечено возрастание вариации таксационных показателей древостоев осины, что связано с распадом верхнего полога осинников и формированием нового поколения осины.

7. Закономерных изменений вариации полноты с возрастом не прослеживается. Средняя полнота древостоев еще более стабильна и изменяется в узких пределах от 0,71 до 0,86. Несколько более низкая средняя полнота отмечается в осинниках 3-го класса бонитета (от 0,71 до 0,80).

8. Парные связи возраста со средней высотой, диаметром и запасом очень тесные и тесные. В пределах класса бонитета коэффициенты корреляции выше, чем в выборке без учета класса бонитета. Связь запаса, среднего диаметра и средней высоты с относительной полнотой слабая. Доля участия осины в составе древостоя слабо коррелирует с другими таксационными показателями (в том числе с возрастом) или вообще отсутствует.

9. В лесном деле для описания количественных взаимосвязей таксационных показателей древостоев наиболее широко применяется регрессионное моделирование, которое является действенным методом изучения сложных многопараметрических систем.

10. Более высокие значения коэффициенты корреляции Спирмена с сравнении с коэффициентами корреляции Пирсона указывают на не нелинейный характер некоторых связей – относительной полноты со средним диаметром и средней высотой.

11. Использование линейных и нелинейных моделей, но приводимых к линейному виду, обеспечивает получение точных зависимостей со статистически достоверными на 5% уровне значимости коэффициентами уравнения, высокими значениями скорректированных коэффициентов детерминации и низкими средними ошибки аппроксимации.

Возрастная динамика средней высоты модальных описывается на основе параболы второго порядка, к которой во втором бонитете добавлен коэффициент участия осины в составе, а третьем бонитете – относительная полнота.

Возрастная динамика среднего диаметра осины в древостоях второго бонитета описывается уравнением линейного вида с участием возраста, квадрата возраста, относительной полноты и доли участия в составе осины; в древостоях третьего бонитета – степенным уравнением, приведенным к линейному виду путем логарифмирования переменных, а именно – возраста и высоты.

Возрастная динамика запаса модальных осинников второго и третьего классов бонитета лучше всего описывается степенным уравнением, приведенным к линейному виду путем логарифмирования переменных. Для второго бонитета это средняя высота, относительная полнота и доля участия в составе древостоя осины; для третьего бонитета – только средняя высота и относительная полнота.

12. Среди нелнейных зависимостей для описания возрастной динамики основных таксационных показателей модальных древостоев осины наиболее адекватными являются следующие модели:

$$y = \frac{(ab + cx^d)}{(b + x^d)}$$

$$y = \frac{(a + bx)}{(1 + cx + dx^2)}$$

$$y = a(1 - \exp(-bx))$$

$$y = \frac{a}{(1 + b \exp(-cx))}$$

$$y = a(b - \exp(-cx))$$

13. В качестве единой модели для всех классов бонитета для описания изменений с возрастом средней высоты, среднего диаметра и запаса древостоя на 1 га может быть использована функция роста Ричарда-Чэпмена.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Макаров Д.А. Таксационные исследования лесов Саратовской области [Текст] / Д.А. Макаров // Вавиловские чтения.- 2010: Материалы Межд. науч.-практ. конф. в 3 томах.- Саратов: Изд-во КУБИК, 2010.– Т.2.– С. 53-57.

Макаров Д.А. Статистические показатели таксационных параметров древостоев осины Саратовской области [Текст] / Д.А. Макаров // Материалы конференции по итогам научно-исследовательской и производственной работы студентов за 2010 год.– Саратов: СГАУ, 2011.– С. 83-86.