

УДК 630*182 (470.343)

Ю. П. Демаков, Е. А. Медведкова

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ БОТАНИЧЕСКОГО САДА МарГТУ

Проведен системный анализ структурной организации и динамики естественных лесных биогеоценозов Ботанического сада МарГТУ. Сделан вывод о том, что они, несмотря на очень малые размеры занимаемой территории, являются достаточно хорошо организованной саморазвивающейся сукцессионной системой, стремящейся к восстановлению коренной формации – ельника сложного с липой и дубом. Даны предложения по улучшению состояния и породного состава древостоев.

Ключевые слова: *лесные биогеоценозы, ценопопуляции, структура, динамика.*

Введение. Структура – фундаментальное свойство материи [1, 2], неотъемлемый атрибут всех систем, отражающий их индивидуальные качества, позволяющий идентифицировать и классифицировать объекты, характеризующий степень упорядоченности элементов в них и определяющий их внутренние и внешние связи, а, следовательно, и закономерности функционирования. Познание структуры есть способ познания системы.

Познание закономерностей структурной организации и динамики растительного покрова локальных территорий – одна из центральных проблем современной экологии. Она существует, вероятно, с момента зарождения биоценологии как науки и, несмотря на большое число разработок [3–11], окончательно до сих пор не решена. Эта проблема неразрывно связана с другой не менее важной проблемой нашего времени – проблемой сохранения биологического разнообразия [12–16], решение которой является одним из необходимых условий устойчивого развития человечества, о чем свидетельствует принятие в 1992 году международной Конвенции «О биологическом разнообразии», ратифицированной в 1995 году Российской Федерацией. Особо важная роль в сохранении биологического разнообразия на всех уровнях его организации – видовом, популяционном, экосистемном и ландшафтном – отведена ботаническим садам, которые должны собирать и выращивать обширные коллекции не только экзотических, но и аборигенных растений.

Цель исследования заключалась в оценке структурной организации естественных лесных биогеоценозов Ботанического сада МарГТУ и состояния популяций основных видов аборигенных древесных растений в них, необходимой для совершенствования ведения хозяйственной деятельности на территории данного учреждения, направленной на сохранение природного зонального биологического разнообразия.

Объекты и методика. Ботанический сад МарГТУ был заложен в 1939 году в лесном массиве естественного происхождения, расположенном на возвышенной надпойменной террасе левобережья р. Малая Кокшага и слабо затронутом хозяйственной деятельностью. Породный состав насаждений, произрастающих на свежих слабопод-

золистых суглинках, подстилаемых песчано-глинистыми породами, был разнообразным и типичным для зоны хвойно-широколиственных лесов. В настоящее время естественные леса, которые предназначены для защиты экспозиций экзотов от негативного воздействия городской среды и знакомства студентов с представителями местной флоры, занимают в Ботаническом саду 63,2% территории (47 га). В течение 70 лет существования Ботанического сада данные биогеоценозы развивались фактически в естественном режиме, так как хозяйственное вмешательство в их жизнь было минимальным и состояло лишь в уборке сухостоя и ослабленных деревьев, проводившейся редко и нерегулярно.

Материалом для анализа служили: 1) таксационные описания 1974 года, на основе которых в среде Excel была сформирована исходная матрица, состоящая из 10956 ячеек (498 строк, каждая из которых представляла таксационный выдел, и 22 столбца, соответствующих значениям таксационных показателей насаждений); 2) данные натуральных учетов, проведенных в 2007 году на пяти пробных площадях, на которых было проведено картирование и описание древостоя, включающие координаты каждого дерева в условной системе и их индивидуальные характеристики: породу, длину окружности ствола на высоте 1,3 м, положение в ценозе, онтогенетическое состояние и жизнеспособность. На каждой пробной площади на пяти площадках размером 5×5 м был проведен учет численности и состояния подроста с использованием стандартных методик. Количественно был описан также подлесок и живой напочвенный покров. Дополнительно для оценки характера распространения популяций древесных растений были использованы два показателя: коэффициент расселения K_p и плотность популяции P_n , значения которых были вычислены по формулам А. И. Швиденко [17]:

$$K_p = 100 \cdot S_i / S_{\text{общ.}};$$

$$P_n = 10 \cdot \Sigma(S_i \cdot p_i) / S_{\text{общ.}};$$

где $S_{\text{общ.}}$ – общая площадь насаждений, га; S_i – площадь насаждений, где отмечено присутствие i -й породы, га; p_i – доля участия i -й породы в составе древостоя. Для обработки исходных данных, которая проведена на ПК, использованы общепринятые методы математической статистики [18, 19]. В сборе и обработке материала принимали участие магистры ФЛХиЭ Андреева Е. Н. и Новоселова Е. А.

Результаты исследования и их обсуждение. Видовое и экосистемное биоразнообразие, а также продуктивность насаждений определяется, прежде всего, эдафическими факторами, под которыми понимается плодородие почв и режим их увлажнения, характеризующими особенности конкретного биотопа. Анализ материала показал, что биотопическое разнообразие в Ботаническом саду МарГТУ невелико (табл. 1): на его территории встречается всего три эдафотопы (субори, сурамени и дубравы), в пределах которых выделено шесть типов лесорастительных условий (ТЛУ). Наибольшая доля насаждений произрастает в свежих сураменах. Менее всего распространены субори, особенно влажные. По условиям увлажнения доминируют свежие ТЛУ.

Т а б л и ц а 1

Распределение насаждений Ботанического сада по типам лесорастительных условий

Показатель	Значение показателя по ТЛУ						Итого
	B ₂	B ₃	C ₂	C ₃	D ₂	D ₂₋₃	
Число выделов, шт.	23	1	248	24	28	29	353
Число выделов, %	6,5	0,3	70,3	6,8	7,9	8,2	100,0
Площадь выделов, га	3,44	0,01	31,93	3,01	3,90	4,69	46,98
Площадь выделов, %	7,32	0,02	67,97	6,41	8,30	9,98	100,0

Одним из важнейших показателей, отражающих потенциальную производительность древостоев, является класс бонитета, который изменяется у них на территории Ботанического сада в очень больших пределах (табл. 2). Наивысший класс бонитета имели в 1974 году древостои, произрастающие в свежих субориях, а самый низкий, как это ни странно, – в свежих дубравах. Средний класс бонитета составлял II,18, что не вполне соответствует довольно богатым эдафическим условиям территории.

Т а б л и ц а 2

Структура древостоев Ботанического сада по классам бонитета

ТЛУ	Площадь древостоев (%) по классам бонитета					Средний класс бонитета
	I ^a	I	II	III	IV	
B ₂	32,1	59,6	8,3	–	–	I ^a ,76
C ₂	6,3	22,0	55,4	16,1	0,2	II,00
C ₃	–	8,5	53,0	38,5	–	I,82
D ₂	–	2,0	87,5	10,5	–	II,30
D ₂₋₃	–	4,8	72,7	22,5	–	II,08
В целом	6,1	19,3	57,5	17,0	0,1	II,18

Т а б л и ц а 3

Структура древостоев Ботанического сада по относительной полноте

ТЛУ	Площадь древостоев (%) по относительной полноте, %							Средняя полнота
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
B ₂	–	–	–	2,9	40,6	45,9	10,6	0,66
C ₂	0,3	0,7	1,5	6,6	31,9	45,4	13,6	0,66
C ₃	–	–	5,1	16,5	74,2	1,3	2,9	0,58
D ₂	–	–	0,5	13,9	84,1	1,5	–	0,59
D ₂₋₃	–	0,2	–	19,1	15,4	60,5	4,8	0,65
В целом	0,3	0,5	1,5	9,5	40,4	36,4	11,4	0,64

Важную информацию о состоянии древостоев, их реализованной производительности и уровне биологического разнообразия несет показатель относительной полноты, который изменяется, как и класс бонитета, в очень больших пределах (табл. 3), что связано как с естественными, так и антропогенными причинами. Доминировали в Ботсаду среднеполнотные древостои. Доля низкополнотных древостоев была невелика. Общий запас стволовой древесины, который также является одним из важнейших параметров состояния биогеоценозов, характеризующих не только их ресурсные, но и экологические функции, составлял в 1974 году 7040 м³ (в среднем 150 м³ на 1 га). Преобладали древостои с запасом от 210 до 240 м³ (рис. 1).

Естественные лесные биогеоценозы Ботанического сада в основном многопородные (табл. 4). Преобладали в 1974 году пятипородные древостои. Наиболее разнообразной была породная структура насаждений в ТЛУ С₃, а наименее разнообразной – в ТЛУ В₂. Наиболее распространенной породой являлась липа мелколистная, которая встречалась 35 лет назад в 79,5% насаждений (рис. 2). По встречаемости ей несколько уступал дуб черешчатый, за которым следовали береза и осина. Замыкал ранговый ряд вяз голый *Ulmus glabra* Huds., который встречался всего на 1,3% площади насаждений.

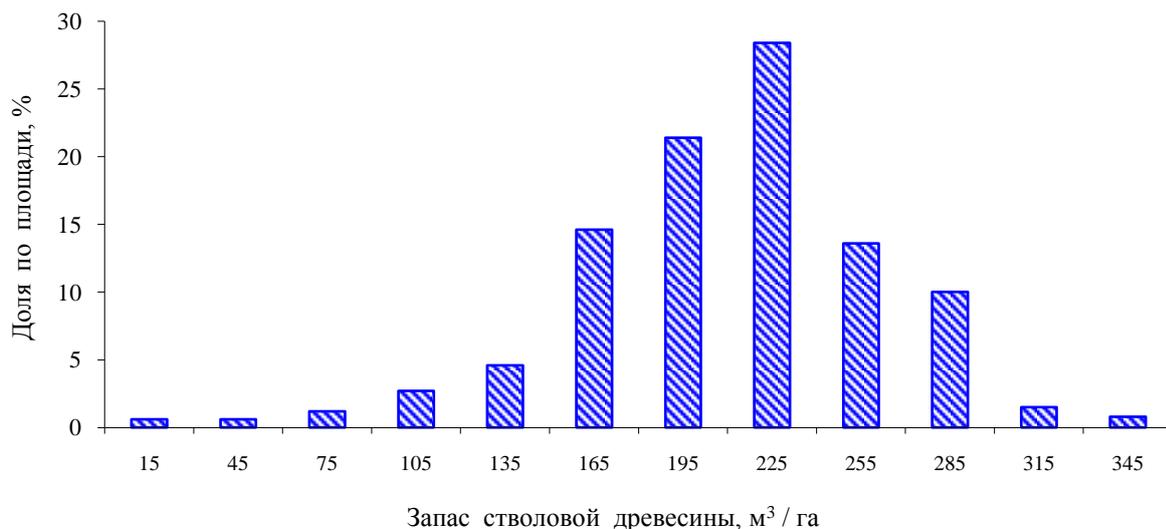


Рис. 1. Гистограмма распределения древостоев по запасу в них стволовой древесины

Т а б л и ц а 4

Распределение площади лесов по количеству слагающих пород деревьев

ТЛУ	Площадь древостоев (%) по количеству слагающих пород							Среднее число пород
	1	2	3	4	5	6	7	
B ₂	0,0	23,7	28,0	16,4	31,9	0,0	0,0	3,56
C ₂	2,4	16,3	20,3	25,8	23,5	11,7	0,0	3,87
C ₃	0,5	0,0	13,1	15,7	43,2	27,5	0,0	4,83
D ₂	0,0	0,0	17,0	39,7	30,5	11,5	1,3	4,40
D _{2.3}	1,9	1,0	6,8	22,1	54,0	11,4	2,8	4,71
В целом	1,9	12,5	18,5	25,4	29,2	12,1	0,4	4,05

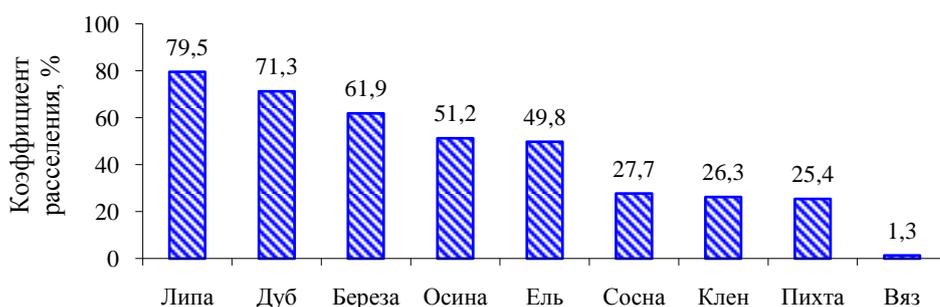


Рис. 2. Ранговое распределение пород деревьев по величине коэффициента их расселения в естественных лесных биогеоценозах Ботанического сада МарГТУ

Каждый вид древесного растения (породы) имел свой сугубо специфичный характер распределения долевого участия в составе древостоя (табл. 5). Большинство пород чаще всего встречались в древостоях в виде небольшой примеси. По мере увеличения их долевого участия частота встречаемости древостоев неуклонно снижалась, что соответствует резко убывающему (гиперболическому) типу распределения, аппроксими-

руемому функцией Ципфа-Парето $Y = S_0 \cdot \exp(-a \cdot X^b)$, где S_0 – площадь лесов, на которой отсутствует данная порода, га; X – доля участия породы в составе; a, b – безразмерные коэффициенты, вычисляемые эмпирически. Характер распределения долевого участия липы в составе древостоев несколько иной: меньше всего встречается насаждений с ее долевым участием 5 единиц. Все древесные растения группируются между собой по характеру распределения своего долевого участия в древостоях в два четко выраженных кластера (рис. 3): в один из них вошли наиболее распространенные породы (липа, дуб, береза, осина и ель), а в другой – наименее распространенные (сосна обыкновенная, пихта сибирская, клен остролистный и вяз гладкий).

Таблица 5

Характер распространения древесных растений в естественных лесных биогеоценозах

Доля участия, %	Площадь насаждений с долевым участием породы, га								
	Липа	Дуб	Береза	Осина	Ель	Сосна	Клен	Пихта	Вяз
5	4,50	8,38	11,55	8,23	7,94	4,95	8,94	7,17	0,59
10	4,53	7,08	6,68	5,94	5,96	4,16	2,28	4,23	–
20	3,34	4,68	3,02	5,19	4,46	2,13	0,68	0,23	–
30	3,77	4,36	1,65	1,79	2,21	0,70	–	–	–
40	1,31	1,37	0,33	0,61	0,79	0,25	–	–	–
50	1,82	2,03	0,84	0,47	1,37	0,15	0,49	0,22	–
60	3,57	1,88	0,79	0,22	0,37	0,44	–	–	–
70	2,57	2,18	0,59	0,38	0,06	0,00	–	0,09	–
80	2,69	0,94	1,00	0,25	0,08	0,02	–	–	–
90	6,06	0,36	0,80	0,33	0,01	0,06	–	–	–
100	3,21	0,22	1,83	0,65	0,15	0,18	–	–	–
В целом	37,37	33,48	29,08	24,06	23,40	13,04	12,39	11,94	0,59

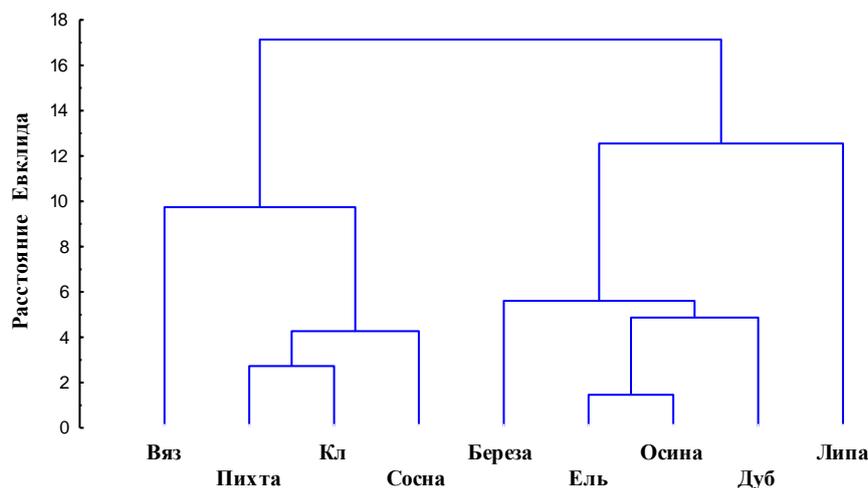


Рис. 3. Дендрограмма сходства характера распределения древостоев по долевого участию в них пород деревьев, выполненная способом Варда по расстоянию Евклида

Наиболее высокое доленое участие в древостоях имела популяция липы мелколистной, плотность популяции которой составляла в среднем 40,3%, достигая максимума в ТЛУ С₂ (табл. 6). Плотность популяции дуба была наивысшей в ТЛУ D₂₋₃, бере-

зы и сосны – в ТЛУ В₂, ели, осины и пихты – в ТЛУ С₃. Ранговый ряд пород деревьев по плотности популяций был идентичен таковому, построенному по коэффициенту их расселения в насаждениях.

Важнейшим показателем состояния древостоев является их возраст, который изменялся, по данным лесоустройства, в очень больших пределах. Средний возраст древостоев составлял 69,4 года, а возраст отдельных деревьев достигал 200 лет. Анализ возрастной структуры древостоев показал, что в их появлении на территории Ботсада четко выделяется две волны (рис. 4), одна из которых приходится на 1885–1895 гг., а вторая – на 1920–1930 гг. Это связано, как показывает анализ литературы [20, 21], с сильнейшими засухами и массовыми размножениями короеда типографа, отмечавшимися в то время в пределах всей средней полосы европейской части России. О неблагоприятных погодных условиях в этот период косвенно свидетельствует, по данным наших исследований [22], падение величины радиального прироста наиболее старых деревьев ели, сохранившихся и поныне. Сопряженность периодов наиболее сильных изменений структуры насаждений и климатических аномалий свидетельствует, на наш взгляд, о том, что исходно здесь господствовали сложные ельники как коренные для данных условий формации.

Таблица 6

Плотность популяций древесных растений в различных типах лесорастительных условий Ботанического сада

ТЛУ	Значение плотности популяций древесных растений, %								
	Липа	Дуб	Береза	Осина	Ель	Сосна	Клен	Пихта	Вяз
В ₂	6,3	3,3	18,2	4,6	4,4	63,2	0,0	0,0	0,0
С ₂	49,3	8,7	17,2	9,6	6,5	4,2	2,4	1,9	0,1
С ₃	23,1	15,3	12,3	15,2	26,7	4,5	0,3	2,7	0,0
Д ₂	22,7	52,7	3,3	3,9	11,9	4,4	0,4	0,8	0,0
Д ₂₋₃	10,2	61,4	5,0	10,5	6,0	3,7	0,8	2,4	0,0
В целом	40,3	19,0	14,9	9,5	8,4	4,1	1,9	1,8	0,1

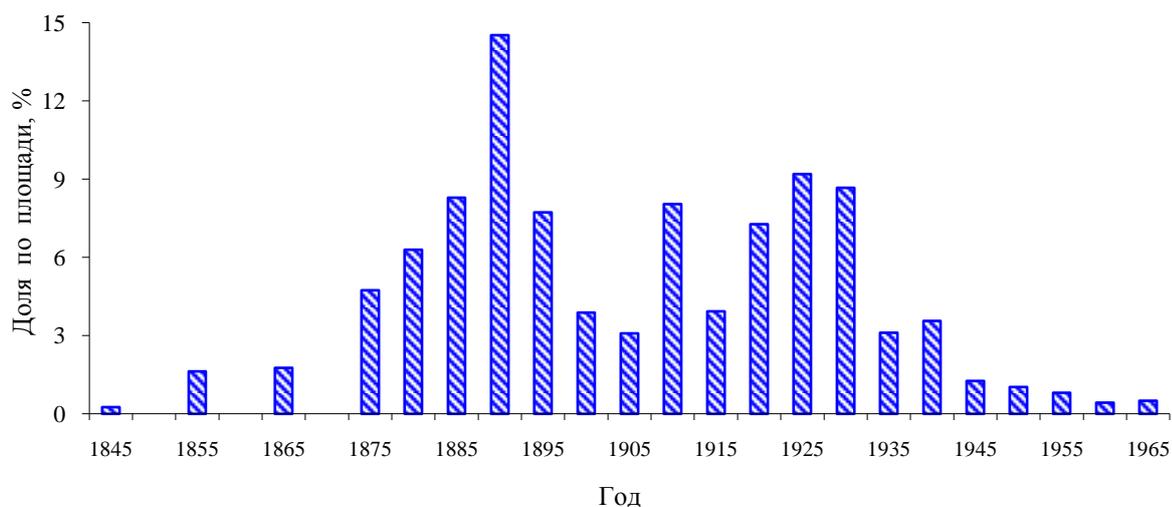


Рис. 4. Динамика появления естественных древостоев на территории Ботанического сада

Возраст древостоев, как показал анализ исходных данных, является ведущим фактором, определяющим структуру и производительность древостоев (табл. 7 и 8). Число пород, участвующих в сложении древостоев, минимально в 20–40-летнем возрасте, а максимально в 81–100-летнем. Полнота в этих классах возраста находится по отношению к числу пород в обратно пропорциональной зависимости. Бонитет древостоев с возрастом изменяется на целых 1,5 класса, а запас стволовой древесины неуклонно увеличивается, что отражается математической функцией

$$M = 260 \cdot \{1 - \exp[-3,309 \cdot (A/100)]\}^{1,520}; \quad R^2 = 0,978;$$

где M – запас стволовой древесины, м³/га; A – возраст древостоя, лет.

Т а б л и ц а 7

Возрастные изменения основных таксационных показателей древостоя

Класс возраста, лет	Средние значения таксационных показателей				
	Возраст, лет	Число пород	Полнота	Класс бонитета	Запас, м ³ /га
1 – 20	15,1	3,00	0,66	1,42	47,3
21 – 40	33,9	2,78	0,82	1,00	162,1
41 – 60	51,7	3,53	0,66	1,40	201,3
61 – 80	72,5	3,58	0,59	1,84	211,9
81 – 100	89,7	4,26	0,59	2,18	218,9
101 – 120	114,5	4,18	0,55	2,36	249,1
121 – 140	130,0	2,50	0,60	2,50	265,0

Т а б л и ц а 8

Возрастные изменения плотности популяций древесных растений в лесных биогеоценозах

Класс возраста, лет	Плотность популяции породы, %								
	Липа	Дуб	Береза	Осина	Ель	Сосна	Клен	Пихта	Вяз
1 – 20	13,9	11,1	21,0	22,9	17,2	11,7	2,1	0,0	0,0
21 – 40	22,4	5,6	47,6	17,4	3,4	3,4	0,1	0,1	0,0
41 – 60	49,9	7,7	19,9	10,2	1,6	7,9	1,8	0,9	0,1
61 – 80	46,0	15,6	12,0	9,5	4,5	7,7	1,9	2,7	0,0
81 – 100	33,3	31,3	4,2	6,1	15,1	6,3	1,4	2,2	0,0
101 – 120	34,8	10,6	3,1	2,7	19,4	8,2	16,3	4,9	0,0
121 – 140	6,6	1,6	0,0	0,0	53,0	38,9	0,0	0,0	0,0

Долевое участие и древесный запас мелколиственных пород (березы и осины) максимальны в возрасте 21–40 лет, а широколиственных и хвойных – в возрасте 100–140 лет (рис. 5 и 6), что указывает на восстановление коренной формации. По характеру возрастной динамики плотности популяций в насаждениях все древесные породы разделяются на четыре кластера (рис. 7).

Анализ исходных данных, полученных на пяти пробных площадях, показал, что во всех насаждениях в настоящее время довольно четко выделяется два – три биогеоценологических яруса. Доминирующим как по числу стволов, так и по площади сечения является первый ярус. По площади сечения – 90, по числу стволов – 55%. Второй ярус соответственно 9 и 37% и третий ярус – 1 и 8%. Господствующее положение в первом биогеоценоценотическом ярусе по числу стволов занимает липа, доля участия которой в насаждениях изменяется от 6,8 до 81,1% (табл. 9). Ей несколько уступает по числу стволов береза, которая по площади сечения превосходит ее. Во втором и третьем биогеоцено-

тическом ярусах превалирует как по числу стволов, так и по площади их сечения ель, что свидетельствует о постепенном увеличении доли ее участия в древостое и постепенном вытеснении ею других пород.

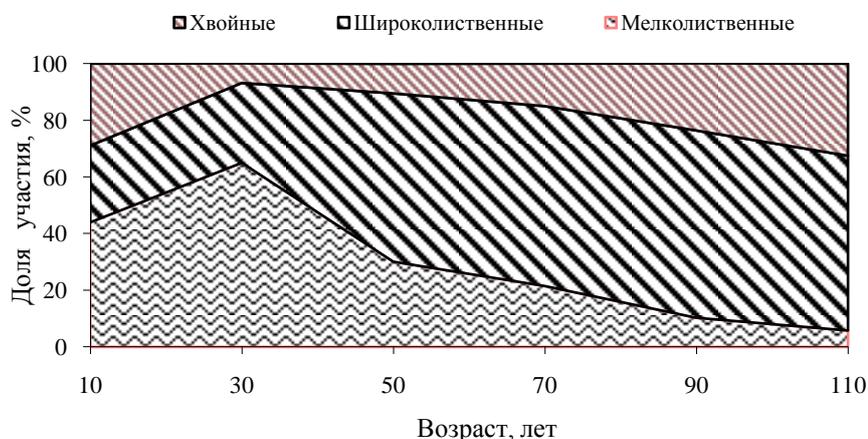


Рис. 5. Возрастные изменения породного состава древостоев

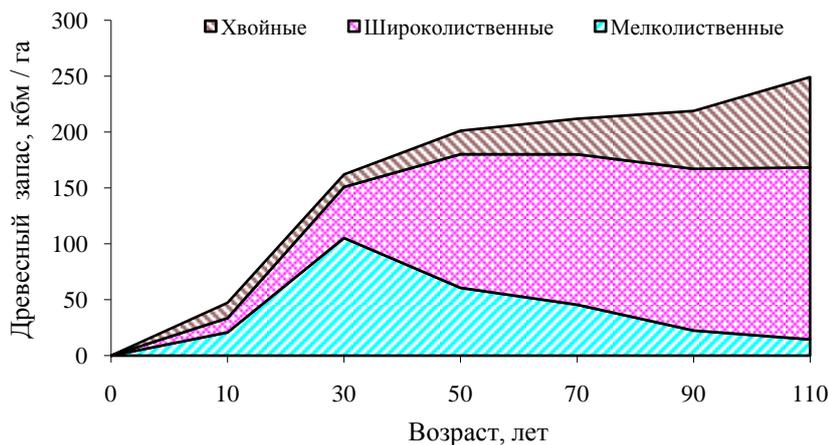


Рис. 6. Динамика запаса стволовой древесины разных групп пород деревьев

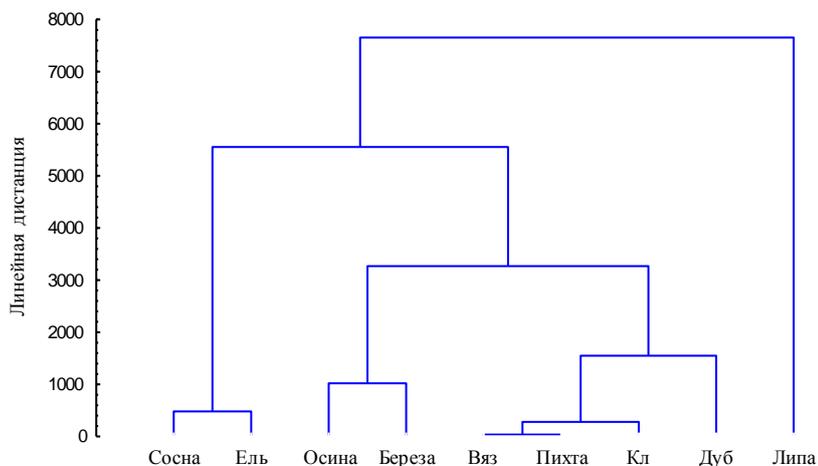


Рис. 7. Дендрограмма сходства характера возрастных изменений долевого участия пород в сложении структуры древостоев, выполненная способом Варда по квадрату расстояния Евклида

Таблица 9

**Породная структура биогеоценотических ярусов древостоя в естественных биогеоценозах
Ботанического сада**

Порода	Число стволов, экз./га			Площадь сечения, м ² /га			Доля участия, %					
	среднее	min	max	среднее	min	max	по числу стволов			по площади сечения		
							среднее	min	max	среднее	min	max
Первый биогеоценотический ярус												
Липа	132	23	514	9,1	1,2	39,9	30,1	6,8	81,1	17,6	3,3	79,3
Береза	128	0	321	11,7	0,0	27,7	29,2	0,0	70,1	22,7	0,0	72,6
Ель	57	32	97	5,1	1,3	11,8	13,0	7,0	28,8	9,9	3,3	79,3
Сосна	54	0	225	7,5	0,0	30,8	12,2	0,0	55,8	14,5	0,0	58,5
Дуб	48	26	83	17,0	2,8	11,5	10,9	5,7	24,6	32,8	7,3	31,5
Осина	11	0	32	0,8	0,0	2,7	2,4	0,0	8,8	1,6	0,0	7,6
Вяз	10	0	24	0,4	0,0	1,0	2,2	0,0	5,0	0,9	0,0	1,9
Итого	439	–	–	51,6	–	–	100,0	–	–	100,0	–	–
Второй биогеоценотический ярус												
Ель	166	14	332	2,7	0,42	4,26	56,5	25,0	64,3	55,5	31,9	63,8
Липа	59	14	105	0,7	0,50	1,08	20,2	9,2	31,0	14,2	8,2	37,9
Береза	33	0	79	0,4	0,00	1,04	11,2	0,0	22,1	8,9	0,0	14,5
Вяз	21	11	37	0,3	0,06	0,50	7,1	2,1	50,0	6,4	0,8	30,2
Сосна	7	0	26	0,3	0,00	0,88	2,5	0,0	5,0	6,2	0,0	13,1
Дуб	5	0	17	0,3	0,00	0,93	1,8	0,0	6,6	5,8	0,0	24,9
Осина	2	0	7	0,2	0,00	0,74	0,7	0,0	2,5	3,1	0,0	14,1
Итого	293	–	–	4,9	–	–	100,0	–	–	100,0	–	–
Третий биогеоценотический ярус												
Ель	50	46	89	0,3	0,23	0,40	76,1	0,0	89,9	55,1	0,0	92,3
Береза	8	5	21	0,1	0,04	0,10	11,6	0,0	23,9	11,0	0,0	20,1
Липа	6	5	17	0,0	0,03	0,12	8,9	0,0	19,3	8,8	0,0	25,6
Дуб	1	0	7	0,1	0,00	0,55	2,1	0,0	9,3	24,2	0,0	57,4
Осина	1	0	4	0,0	0,00	0,02	1,2	0,0	4,5	0,9	0,0	5,2
Итого	66	–	–	0,5	–	–	100,0	–	–	100,0	–	–

В составе подростка естественных лесных биогеоценозов Ботанического сада принимают участие, как показали данные учета, шесть видов древесных растений (табл. 10). На первом месте по численности и по долевого участию находится липа, число подростка которой изменяется от 80 до 2400 экз./га. За ней следуют вяз (от 320 до 1360 экз./га), осина (от 560 до 1120 экз./га) и ель (от 160 до 880 экз./га).

Таблица 10

Обилие и видовая структура подростка в естественных биогеоценозах Ботанического сада

Порода	Густота, экз./га			Доля участия, %		
	средняя	min	max	средняя	min	max
Липа	1200	80	2400	48,7	12,5	63,16
Ель	400	160	880	16,23	5,41	25
Вяз	400	320	1360	16,23	21,05	50
Осина	336	560	1120	13,64	12,28	35
Береза	128	80	400	5,19	2,5	8,77
Дуб	112	80	320	4,55	2,5	12,5
В целом	2 464	1 280	6 480	100,0	–	–

Реже всего встречается подрост дуба и березы. Наиболее представлен по численности мелкий подрост высотой до 0,5 м, доля участия которого составляет в целом 48,4%. У таких пород, как дуб, осина, береза весь подрост относится только к категории мелкого. У ели наоборот преобладает

крупный подрост высотой более 1,5 м, что свидетельствует об успешности у нее лесовозобновительного процесса. Довольно много среднего и крупного подроста у липы.

Изучение онтогенетической структуры популяций древесных растений показало, что наиболее успешно развиваются в естественных лесных биогеоценозах Ботсада липа и ель, которые имеют полночленный левосторонний спектр с доминированием имматурных особей (табл. 11). У березы, дуба и вяза спектр неполный, в котором отсутствуют виргинильные особи, что является свидетельством неустойчивого состояния их популяций. Еще более неблагоприятным является состояние популяций осины и сосны, у которых отсутствуют имматурные, виргинильные и частично средневозрастные генеративные особи. Данный факт указывает на временность пребывания этих пород в биогеоценозах и их полное исчезновение в будущем, в том случае, если не будет каких-либо крупных повреждений древостоя.

Т а б л и ц а 11
Онтогенетическая структура популяций древесных растений
на объектах исследования

Порода	Единица измерения	Число особей различного онтогенетического состояния						
		im	v	g1	g2	g3	s	Всего
Ель	экз./га	224	176	67	103	94	12	676
	%	33,1	26,0	9,9	15,3	13,9	1,8	100
Липа	экз./га	1056	144	46	90	57	4	1397
	%	75,6	10,3	3,3	6,4	4,1	0,3	100
Береза	экз./га	128	0	9	43	106	11	297
	%	43,1	0,0	3,0	14,5	35,7	3,7	100
Сосна	экз./га	0	0	2	2	54	2	60
	%	0,0	0,0	3,3	3,3	90,1	3,3	100
Дуб	экз./га	112	0	1	5	40	8	166
	%	67,5	0,0	0,6	3,0	24,1	4,8	100
Вяз	экз./га	400	0	8	17	5	1	431
	%	92,8	0,0	1,9	3,9	1,2	0,2	100
Осина	экз./га	336	0	1	0	8	5	350
	%	96,0	0,0	0,3	0,0	2,3	1,4	100

Т а б л и ц а 12
Пространственная изменчивость густоты
и площади сечения деревьев

Номер пробной площади	Значение статистических показателей					
	M_x	min	max	размах	S_x	V, %
Густота древостоя, экз. на 100 м ²						
1	9,1	3	17	14	4,6	50,8
2	9,9	2	21	19	5,4	54,9
3	7,4	1	18	17	4,2	56,3
4	6,9	0	17	17	3,9	56,7
5	6,7	2	13	11	2,6	39,1
Сумма площадей сечения, м ² на 100 м ²						
1	0,608	0,080	1,411	1,331	0,378	62,2
2	0,407	0,101	0,824	0,724	0,221	54,2
3	0,421	0,023	1,206	1,183	0,301	71,5
4	0,410	0,000	1,089	1,089	0,274	66,9
5	0,499	0,094	0,897	0,803	0,187	37,4

Обработка результатов картирования древостоев показала, что деревья по площади биотопов размещаются крайне неравномерно (табл. 12). Так, число деревьев на площадках 100 м^2 ($10 \times 10 \text{ м}$) изменяется от 0 до 21 шт., а сумма площадей сечения их стволов – от 0 до $1,41 \text{ м}^2$. Коэффициент вариации показателей довольно высок и изменяется от 37,4 до 71,5%. Связь между густотой древостоя и суммой площадей сечения стволов на площадках в целом невысокая, варьируя в различных биотопах от тесной до умеренной. Параметры функции, аппроксимирующей эту связь, для каждой пробной площади имеют свои значения (табл. 13), что свидетельствует о различиях структурной организации древостоя на них.

Т а б л и ц а 13

Значение параметров функции, отражающей зависимость полноты от густоты древостоя

Номер пробной площади	Значение параметров функции $y = a x^b$			
	Число площадок	a	b	R^2
1	24	0,083	0,906	0,535
2	20	0,057	0,864	0,748
3	26	0,101	0,734	0,414
4	30	0,182	0,455	0,269
5	30	0,112	0,797	0,768

Установлено, что наиболее сильным эдификатором является ель, оказывающая отрицательное воздействие на свое окружение: увеличение доли ее участия в биогеоценозах приводит к снижению суммы площадей сечения стволов и густоты древостоя. Данная зависимость отображается уравнением

$$y = 0,139 x^{0,666} \exp(-0,718 z),$$

где y – абсолютная полнота древостоя, $\text{м}^2/100 \text{ м}^2$; x – густота древостоев, экз. на 100 м^2 ; z – участие ели по сумме площадей сечения стволов, доля единицы. Особенно сильно отрицательное влияние доли участия ели проявляется при невысокой густоте древостоя. Доля участия других пород не оказывает существенного влияния на абсолютную полноту древостоя во всем диапазоне его густоты.



Рис. 8. Характер влияния полноты древостоя на средний диаметр деревьев в парцеллах

Расчеты также показали, что густота древостоев на площадках не оказывает существенного влияния на величину среднего диаметра деревьев, значения которого изменяются в широких пределах (от 9,8 до 45,6 см). Отмечено только, что при увеличении густоты размах колебаний среднего диаметра деревьев снижается. Влияние суммы площадей сечения стволов на величину среднего диаметра деревьев более значительное, чем густоты (рис. 8), причем связь положительная, а не отрицательная, как следовало бы ожидать. Связь между максимальным диаметром и абсолютной полнотой также положительная, но более тесная. Всё это подтверждает вывод И. С. Марченко [23] о том, что размеры деревьев зависят в большей степени не от внутривидовой конкуренции за жизненное пространство в парцеллах, а от экологической неоднородности биотопов и наличия в них благоприятных и неблагоприятных зон.

Выводы и практические предложения.

1. Породная структура, а также потенциальная и фактическая производительность древостоев Ботанического сада МарГТУ не вполне соответствует довольно богатым эдафическим условиям территории.

2. В появлении естественных лесных биогеоценозов на территории Ботанического сада четко выделяются две волны, одна из которых приходится на 1885–1895 гг., а вторая – на 1920–1930 гг., что связано с сильнейшими засухами и массовыми размножениями короеда типографа.

3. Наиболее успешно развиваются в естественных лесных биогеоценозах Ботсада популяции липы мелколистной и ели европейской, которые имеют полночленный спектр с доминированием имматурных особей.

4. Распределение числа деревьев и суммы площадей сечения их стволов по площади биотопов в сложных по составу и возрасту древостоях является крайне неравномерным.

5. Размеры деревьев в парцеллах зависят в большей степени не от густоты или полноты древостоя, т.е. внутривидовой конкуренции за жизненное пространство, а от экологической неоднородности биотопа и наличия в них благоприятных и неблагоприятных зон.

6. Наиболее сильным эдификатором является ель, оказывающая отрицательное воздействие на древесные растения своего ближайшего окружения. Особенно сильно проявляется негативное влияние доли участия ели на полноту древостоя при его невысокой густоте. Доля участия других пород в парцеллах не оказывает существенного влияния на абсолютную полноту древостоя во всем диапазоне его густоты.

7. Насаждения Ботсада представляют собой сложную пространственную мозаику разнопородных и разновозрастных парцелл, образованную в результате антропогенных и природных нарушений, которая, несмотря на очень малые размеры, является достаточно хорошо организованной саморазвивающейся сукцессионной системой, стремящейся к восстановлению коренной формации – ельника сложного с липой и дубом.

8. В лесных биогеоценозах Ботсада необходимо принять все меры для укрепления позиций не только ели европейской, являющейся коренной породой, но также дуба черешчатого и особенно сосны обыкновенной, которая может здесь успешно произрастать, сохраняя высокую жизнеспособность до 200–250 лет. Для этого необходимо регулярно проводить в насаждениях санитарные и группово-выборочные рубки, расширяя имеющиеся естественные «окна» за счет удаления ненужных деревьев и подлеска, в которые ежегодно подсаживать крупномерные саженцы данных пород.

Список литературы

1. Веденов, М. Ф. Соотношения структуры и функции в живой природе / М. Ф. Веденов, В. И. Кремянский. – М.: Знание, 1966. – 48 с.
2. Фролов, И. Т. Жизнь и познание. О диалектике в современной биологии / И. Т. Фролов. – М.: Мысль, 1981. – 268 с.
3. Margalef, R. Some comments relative to the organization of plankton / R. Margalef // Annu. Rev. Oceanogr. and Mar. Biol. – 1967. – V. 5. – P. 257–289.
4. Pielou, E. C. Ecological Diversity / E. C. Pielou – Sydney, Toronto: A Wiley Intersci. Publ, 1975. – 165 p.
5. Левич, А. П. Структура экологических сообществ / А. П. Левич. – М., 1980. – 180 с.
6. Песенко, Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. – М.: Наука, 1982. – 287 с.
7. Odum, E. P. Ecology and our endangered life-support systems / E. P. Odum. – Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Ins., 1989. – 283 p.

8. Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. – М.: Мир, 1992. – 184 с.
9. Миркин, Б. М. Современная наука о растительности / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, А. И. Соломеш. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
10. Разумовский, С. М. Закономерности динамики биогеоценозов / С. М. Разумовский. – М.: Наука, 1981. – 231 с.
11. Демаков, Ю. П. Структура земель и лесов заповедника / Ю. П. Демаков // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Вып. 2. – Йошкар-Ола, 2007. С. 9–49.
12. Чернов, Ю. И. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы / Ю. И. Чернов // Успехи современной биологии. – 1991. – Т. 111, № 4. – С. 499–507.
13. Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению / Материалы совещ. – СПб: БИН, 1992. – 232 с.
14. Мордкович, В. Г. Проблема биоразнообразия и ее экологическое значение / В. Г. Мордкович // Сибирский экологический журнал. – 1994. – Т. 1, № 6. – С. 497–501.
15. Заугольнова, Л. Б. Параметры мониторинга биоразнообразия лесов России на федеральном и региональном уровнях / Л. Б. Заугольнова, Л. Г. Ханина // Лесоведение. – 2004. – № 3. – С. 3–14.
16. Бобровский, М. В. Количественная оценка биоразнообразия лесной растительности по лесотаксационным данным / М. В. Бобровский, Л. Г. Ханина // Лесоведение. – 2004. – № 3. – С. 28–34.
17. Швиденко, А. И. Ареал пихты и плотность ее популяций на Советской Буковине / А. И. Швиденко // Лесоведение. – 1986. – № 4. – С. 63–69.
18. Афифи, А. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
19. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.
20. Шевырев, И. Я. Опустошительное размножение короедов в Средней России с 1882 по 1894 гг. и попытки борьбы с ними / И. Я. Шевырев // Сельское хозяйство и лесоводство. – 1896. – Т. 183, № 10. – С. 523–545.
21. Маслов, А. Д. Усыхание еловых лесов от засух на европейской территории СССР / А. Д. Маслов // Лесоведение. – 1972. – № 6. – С. 77–87.
22. Демаков, Ю. П. Особенности роста деревьев сосны и ели в смешанных естественных древостоях Ботанического сада МарГТУ / Ю. П. Демаков, Е. А. Медведкова // Интродукция растений: теоретические, методические и прикладные аспекты. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. С. 156–165.
23. Марченко, И. С. Биополе лесных экосистем / И. С. Марченко. – Брянск, 1995. – 198 с.

Статья поступила в редакцию 21.12.09.

Yu. P. Demakov, E. A. Medvedkova

STRUCTURE AND DYNAMICS OF MARSTU BOTANICAL GARDEN NATURAL FOREST ECOSYSTEMS

A system analysis of the structural organization and natural forest ecosystems dynamics of the MarSTU Botanical Garden is carried out. It is concluded that despite a very small size of the occupied territory, they present a well organized self-developing succession system, aspiring to a native formation restoration – a mixed spruce stand with lime and oak. Suggestions on the condition and forest stands species structure improvement are given.

Keywords: forest ecosystems, cenopopulation, structure, dynamics.

ДЕМАКОВ Юрий Петрович – доктор биологических наук, профессор кафедры управления природопользованием и лесозащиты МарГТУ. Область научных интересов – биогеоценология, лесная энтомология. Автор 203 научных и учебно-методических работ, в том числе трех монографий и пяти учебных пособий. E-mail: DemakovYP@marstu.net

МЕДВЕДКОВА Елена Андреевна – старший преподаватель кафедры садово-паркового строительства и дендрологии МарГТУ. Область научных интересов – биология древесных растений, биогеоценология, ландшафтный дизайн. Автор 7 научных работ.
E-mail: MedvedkovaEA@marstu.net