

УДК 630*181 (470.343)

**СТРУКТУРА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ДРЕВОСТОЕВ
С УЧАСТИЕМ ЛИПЫ В ЛЕСАХ МАРИЙСКОГО ПРЕДВОЛЖЬЯ**Ю.П. ДЕМАКОВ^{1,2}, В.Г. КРАСНОВ¹, А.В. ИСАЕВ²

¹Поволжский государственный технологический университет,
²Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»)

*Приведены результаты исследований, отражающие структуру и закономерности развития древостоев с участием в них липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) на территории Марийского Предволжья и выраженные в форме математических уравнений, исходным материалом для которых служила электронная база данных. Показано, что эти древостои по составу являются в основном сложными, состоящими из 3-4 пород деревьев, из которых чаще всего встречаются береза (70.4%), дуб (65.9%), осина (52.6%) и клен остролистный (29.4%). Доля участия в них липы изменяется от 1 до 10 ед., составляя в среднем 37.7%. Преобладание липы отмечено на 44.5% площади древостоев с ее участием. Их возраст достигает 250 лет, класс бонитета варьирует от I до V (средний 1.76), а полнота – от 0.3 до 1.0 (в среднем 0.66). Все параметры древостоев не остаются стабильными, а закономерно изменяются с увеличением их возраста. Так, полнота древостоев до возраста 120 лет неуклонно снижается, а затем стабилизируется на отметке 0.46, достигая естественного для данных лесорастительных условий уровня. Класс же бонитета древостоев изменяется волнообразно с периодом 170 лет, что связано со сложными изменениями их породного состава и условий внешней среды. Показано, что доля участия липы в древостоях неуклонно увеличивается, достигая к возрасту 160-190 лет 70-80%. Эта порода постепенно отвоевывает для себя жизненное пространство в лесу, становясь со временем главным эдификатором лесных биогеоценозов, полностью определяющим их функционирование и развитие. По мере увеличения возраста древостоев их породная структура становится менее сложной и более организованной.*

Сделан вывод о том, что липняки Марийского Предволжья далеко не в полной мере реализуют свою потенциальную производительность, для повышения которой необходимо совершенствовать технологии ухода за лесом и оптимизировать породный состав древостоев. Приведены конкретные практические рекомендации по повышению эколого-ресурсного потенциала липняков.

Ключевые слова: липа мелколистная, Марийское нагорное Предволжье, древостои, структура, развитие, управление.

Липа мелколистная, или сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), является одной из наиболее хозяйственно ценных и долговечных древесных пород [24, 28, 31, 32].

Она встречается во многих регионах, образуя как чистые, так и смешанные древостои, успешно выполняющие важные ресурсные, средообразующие и средоохраняющие функции, однако доля липняков в лесном фонде России составляет всего 0,45% [21]. Наиболее распространены липняки в Приволжском федеральном округе, где на их долю приходится 7% площади лесного фонда. Ценность и низкая представленность липняков указывают на необходимость их сохранения и по возможности – расширенного воспроизводства, что можно сделать только на основе выявления закономерностей состояния и развития этих древостоев. Этому вопросу посвящены исследования многих ученых, которые были обобщены и во многом дополнены [15, 23, 29, 30].

Цель работы – оценка современной породной структуры древостоев с участием липы мелколистной в лесах Марийского Предволжья и познание закономерностей ее возрастных изменений, без чего невозможно устойчивое управление ими [33].

Методика исследования

Материалом для анализа служила электронная поведельная база данных, содержащая детальную таксационную характеристику древостоев (более 3 тыс. выделов общей площадью 10166 га), произрастающих на территории Марийского нагорного Предволжья, которое входит в состав Ветлужско-Унжинской провинции лесной зоны Русской равнины подзоны широколиственных лесов [19], являясь частью Приволжской возвышенности и краем Чувашского овражного плато, круто обрывающегося к долине Волги. Абсолютные высоты местности составляют 150-190 м. Географическое положение Марийского Предволжья, которое расчленено густой сетью рек, балок и оврагов, довольно специфично. Оно является по сути полуостровом, ограниченным с запада р. Сурой, а с севера и северо-востока – Волгой. Леса, покрывающие всего 27% его территории и выполняющие в основном защитные функции, произрастают на серых лесных суглинистых почвах. Преобладающий тип леса – дубняк кленово-липовый, а тип лесорастительных условий – свежая дубрава (D₂). Климат умеренно-континентальный, средняя годовая температура воздуха равна +3,3°C; зимой она иногда опускается до -46°C, а летом поднимается до +38°C. Сумма температур выше +10°C составляет 1900-2200°, а средняя продолжительность периода с температурой воздуха выше 0°C – 208 дней [1]. За год в среднем выпадает 475-550 мм осадков, из которых 335-385 мм приходится на апрель-октябрь. Гидротермический коэффициент изменяется по годам от 0,3 до 2,7, составляя в среднем 1,1.

При решении задачи использовали хорошо отработанную нами информационную технологию, основанную на системном анализе данных массовой таксации насаждений [3-12, 27]. Первым и наиболее трудоемким этапом этой работы являлось формирование матрицы исходных данных, представляющей собой систему строк, каждая из которых соответствует только одному таксационному выделу, и столбцов, каждый из которых отражает только один из многочисленных таксационных параметров: название лесничества, номер квартала и выдела, площадь последнего, ТЛУ и тип леса, долю участия каждой из пород, общее их число в насаждении, возраст, средний диаметр, высоту и класс бонитета преобладающей породы, запас и полноту древостоя.

Дальнейшая работа с исходной базой данных, созданной нами в среде Excel, заключалась в последовательной сортировке материала по доле участия в дре-

востоях липы (в подвыборку, объем которой составил 2118 таксационных выделов общей площадью 7951 га, вошли только те древостои, где отмечалось хоть какое-то присутствие липы) с последующей группировкой их по классам возраста и вычислением для каждого из них средних значений всех анализируемых таксационных параметров. Этот подход, хотя и уступает по своей точности натурной инструментальной оценке древостоев, но превосходит ее по репрезентативности и объективности. При достаточно большой базе исходных данных, насчитывающей сотни или даже тысячи таксационных выделов, он позволяет, опираясь на приемы математической статистики и закон больших чисел, надежно установить изменения анализируемых параметров лесных экосистем. Следует отметить, что значение таксационных описаний насаждений в качестве важнейшего источника информации для решения многих задач лесоведения многими исследователями пока еще недооценивается, и они до сих пор предпочитают закладывать пробные площади и обмерять модельные деревья, затрачивая массу времени и получая недостаточно представительные данные.

Обработку материала проводили стандартными методами, используя прикладные программы математической статистики. При подборе математических уравнений, аппроксимирующих возрастные изменения таксационных параметров древостоев, мы опирались на имеющиеся научные разработки [2, 3, 13, 14, 16-18] и стремились к точности воспроизведения моделируемого процесса (принцип реалистичности). Математические модели рассматривались нами не столько как средство описания конкретных эмпирических данных, а сколько как метод познания процесса, отражающий определенные его закономерности, объясняющий суть происходящих изменений и подводящий фундамент точной количественной обоснованности. Мы стремились также к максимально возможному упрощению структуры математических моделей и понятности их для широкого круга специалистов. Разнообразие и степень выравниваемости породной структуры древостоев оценивали с помощью набора индексов, широко используемых в биогеоценологии [20, 22, 25, 26].

Результаты и их обсуждение

Анализ исходного материала показал, что древостои с участием липы мелколистной произрастают в Марийском нагорном Предволжье на площади 7951 га, занимая 82,7% лесного фонда, что гораздо выше, чем в среднем по Приволжскому ФО. Класс их бонитета и полнота изменяются в очень широких пределах (рис. 1), составляя в среднем 1,76 и 0,66 соответственно. По составу они являются в основном сложными, состоящими из 3-4 пород деревьев, из которых чаще всего встречаются береза (70,4%), дуб (65,9%) и осина (52,6%), а из подлесочных пород – клен остролистный (29,4%). Доля участия в них липы изменяется от 1 до 10 ед., составляя в среднем 37,7%. Преобладание липы отмечено на 44,5% площади древостоев с ее участием (3539 га).

Возрастной спектр древостоев с участием липы в лесах исследуемого района довольно сложный, в нем четко выделяется ряд волновых компонент (рис. 2), связанных с природными и антропогенными факторами. Наибольшая доля по площади приходится на 90-100-летние древостои, появившиеся в 1905-1910 гг. Небольшие по мощности волны возникновения древостоев отмечались в 1975-1980 и 1815-1845 гг. (текущий их возраст составляет соответ-

ственно 15-25 и 155-195 лет). Очень мала представленность древостоев в возрасте 35-45 и 145-155 лет, что указывает на слабые изменения структуры лесов в 1960-1970 и 1855-1865 гг.

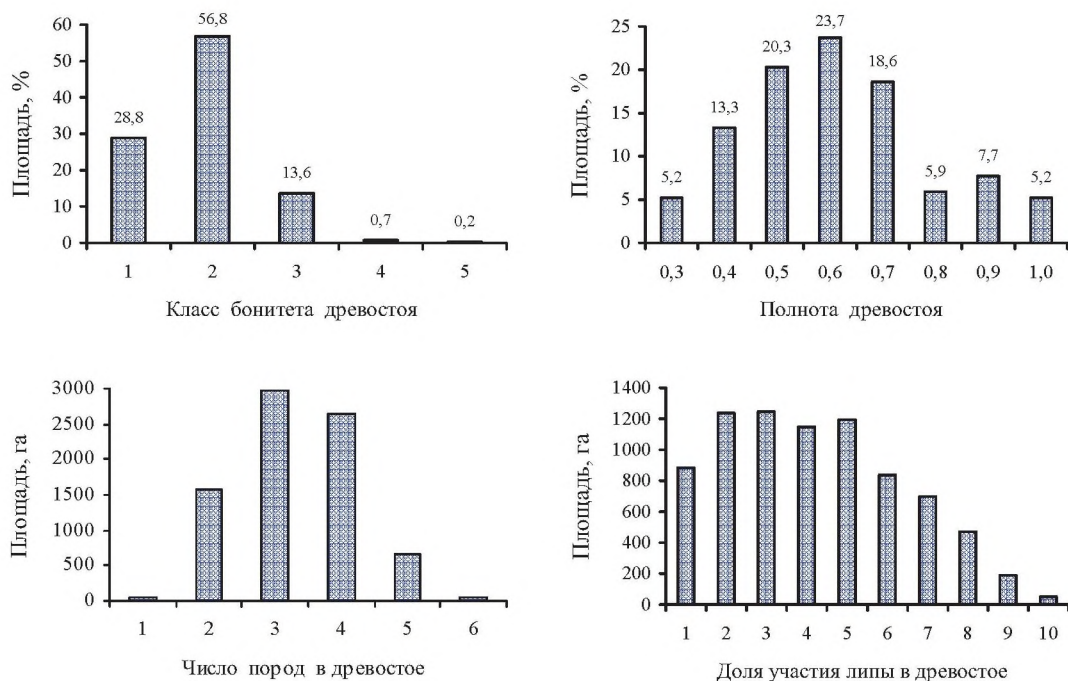


Рис. 1. Структура древостоев с участием липы мелколистной в лесах Марийского Предволжья

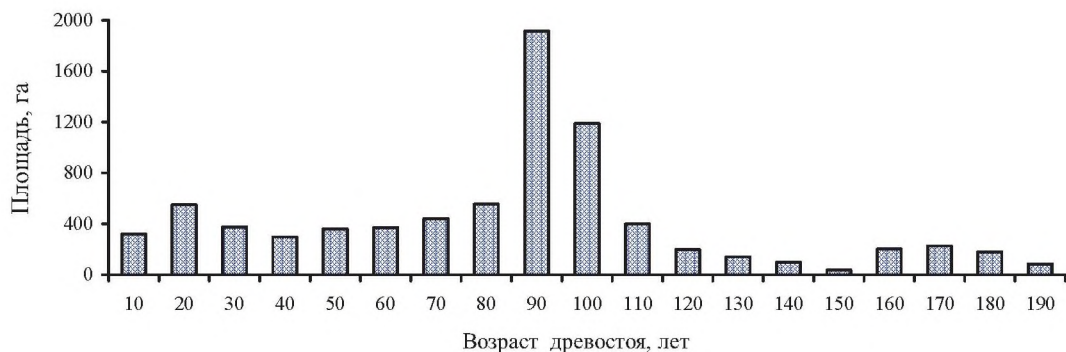


Рис. 2. Возрастная структура древостоев с участием липы мелколистной в Марийском Предволжье

С увеличением возраста древостоев определенным образом изменяются все параметры их состояния. Так, полнота древостоев до возраста 120 лет неуклонно снижается, а затем стабилизируется на отметке 0,46 (рис. 3). Такая низкая полно-

та древостоев не связана с их деградацией, как считают некоторые исследователи [15], а является, на наш взгляд, естественной нормой, определенной климатическими и почвенно-экологическими условиями района исследований. Математической моделью динамики этого показателя является уравнение:

$$Y = 0,54 \times \exp(-92,83 \times 10^{-5} \times A^{1,660}) + 0,46; R^2 = 0,977; p < 0,001, \quad (1)$$

в котором Y – полнота древостоев, A – возраст древостоев, лет.

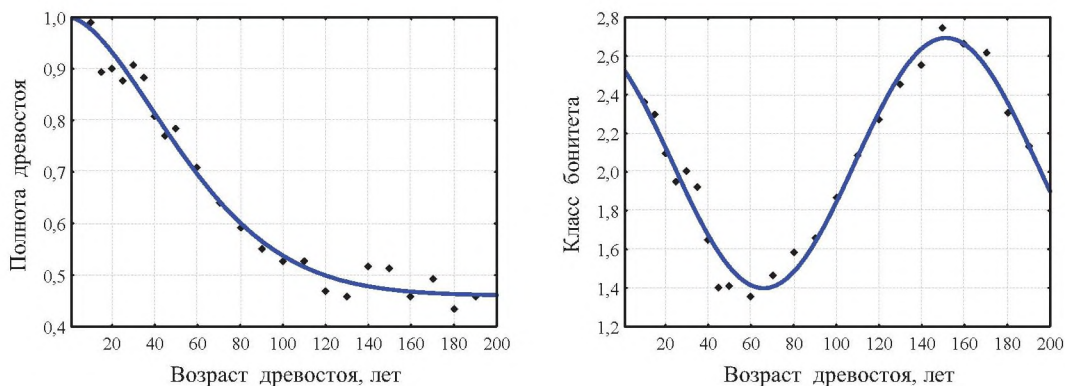


Рис. 3. Динамика полноты (слева) и среднего класса бонитета древостоев с участием липы

Среднее значение класса бонитета древостоев, как свидетельствуют приведенные данные, изменяется волнообразно с периодом 170 лет: до возраста 65 лет его значения снижаются с 2,36 до 1,36, затем, до возраста 150 лет, увеличиваются, а потом опять понижаются. Столь необычная динамика значений показателя, не описанная еще никем из исследователей, отмечается в районе исследования также и у древостоев с участием дуба, что связано как со сложными изменениями породного состава древостоев, так и с условиями их произрастания. Так, в возрасте древостоев 20-30 лет их производительность снижается по мере увеличения долевого участия дуба и снижения долевого участия осины (табл. 1). Можно сказать и наоборот: чем меньше в составе древостоя дуба и больше осины, тем выше их производительность. В возрасте 85-95 лет производительность древостоев увеличивается по мере снижения доли участия не только дуба, но и липы, а также увеличения доли березы и осины. Динамику значений показателя наилучшим образом описывает синусоидальная функция:

$$Y = 0,65 \times \sin(2 \times \pi \times A / 170 + 2,281) + 2,05; R^2 = 0,968; p < 0,001, \quad (2)$$

где Y – класс бонитета древостоев; A – возраст древостоев, лет.

Нормативный запас стволовой древесины предельно сомкнутых древостоев с участием липы полнотой 1,0 вплотную приближается к своему пределу, составляющему в условиях исследуемого района 432 м³/га, в возрасте 80-90 лет (рис. 4). Математической моделью изменения его величины (M , м³/га) с возрастом древостоев (A , лет) является уравнение:

$$M_{\text{норм.}} = 431,8 \times [1 - \exp(-17,19 \times 10^{-4} A^{1,706})]; R^2 = 0,992; p < 0,001. \quad (3)$$

Производительность и состав древостоев с участием липы разных классов бонитета

Класс бонитета	Число выделов	Запас, м ³ /га	Средняя доля участия разных пород в составе древостоя, %				
			липы	дуба	березы	осины	прочих
<i>Возраст древостоев 20-30 лет</i>							
1	131	166	26,0	3,5	20,6	34,8	15,1
2	85	108	35,2	17,9	15,4	15,9	15,6
3	37	74	21,1	44,9	13,8	5,1	15,1
4	7	63	14,3	41,4	30,0	5,7	8,6
<i>Возраст древостоев 85-95 лет</i>							
1	153	249	20,3	5,9	48,8	24,5	0,5
2	245	221	48,4	33,6	11,1	3,8	3,1
3	14	156	55,0	30,7	9,3	2,1	2,9

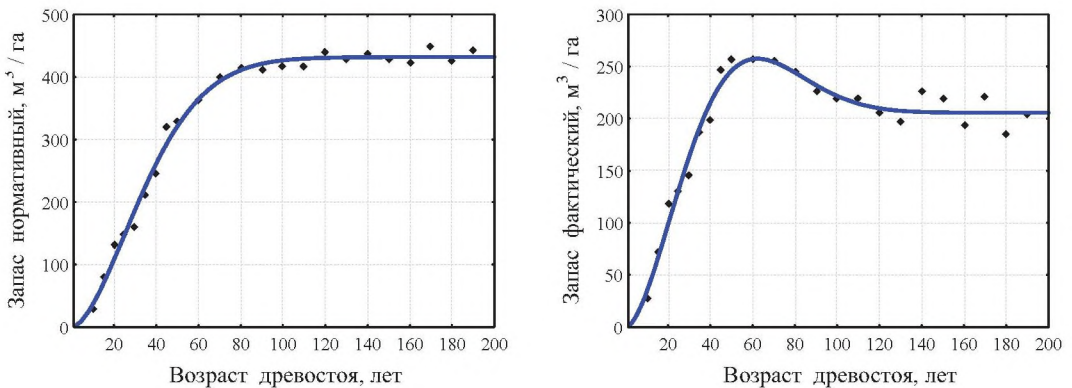


Рис. 4. Динамика нормативного и фактического запаса древостоев с участием липы

Наличный же запас стволовой древесины достигает максимальной величины, составляющей всего 264 м³/га, уже в возрасте 65 лет, а затем, в результате отпада деревьев, под действием различных факторов постепенно снижается. После 100-115 лет наступает субклимаксовая стадия развития древостоя, которая может продолжаться до 250-300 лет. Запас древесины в этот период флуктуирует вокруг среднего уровня, составляющего 200-220 м³/га. Математической моделью динамики показателя является уравнение:

$$M_{\text{налич.}} = M_{\text{норм.}} - 226,0 \times [1 - \exp(-18,44 \times 10^{-6} \times A^{2,554})]; R^2 = 0,973; p < 0,001. \quad (4)$$

Данное уравнение позволяет оценить изменение с возрастом древостоев величины текущего и среднего годовичного прироста объема стволовой древесины в них. Проведенные расчеты, результаты которых приведены на рисунке 5, показали, что

кульминация величины текущего годичного прироста запаса древостоя, составляющая $6,78 \text{ м}^3/\text{га}$, наступает в возрасте 20 лет, а текущего годичного прироста – в 35 лет ($5,46 \text{ м}^3/\text{га}$). После 60 лет текущий прирост запаса древостоя практически прекращается. Из этого следует, что для поддержания биологической продуктивности древостоев на максимально возможном уровне возраст их рубки не должен превышать 35-40 лет.

Результаты исследований свидетельствуют, казалось бы, об имеющемся резерве повышения производительности лесов с участием липы за счет увеличения их полноты, которая, как было отмечено выше, после 40-60 лет гораздо меньше нормативной. Фактически же такой возможности не существует, поскольку производство дополнительной фитомассы древостоев потребует использования немалых ресурсов среды, главным образом влаги. Это, на наш взгляд, неизбежно нарушит водный баланс и приведет к падению уровня грунтовых вод на данной территории, что, в свою очередь, автоматически вызовет снижение производительности лесов. Текущий годичный прирост запаса древостоев в каждом регионе является, следовательно, неким эталоном, величина которого обусловлена физико-географическими условиями.

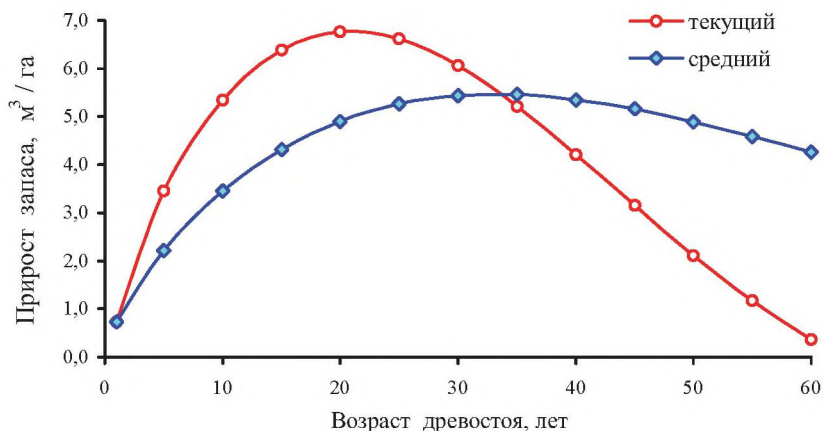


Рис. 5. Динамика текущего и среднего годичного прироста запаса древостоев с участием липы

Изменение средней высоты (H , м) и среднего диаметра деревьев (D , см) с возрастом древостоев (A , лет) наилучшим образом описывают уравнения регрессии:

$$H = 25,7 \times [1 - \exp(-61,97 \times 10^{-4} A^{1,457})]; R^2 = 0,981; p < 0,001; \quad (5)$$

$$D = 2,40 \times (A - 5)^{0,579}; R^2 = 0,975; p < 0,001. \quad (6)$$

Анализ этих математических моделей показывает, что высота древостоев с участием липы вплотную приближается к своему биологическому пределу, ограниченному в Марийском Предволжье условиями среды, уже в возрасте 60-70 лет, после чего практически не увеличивается (рис. 6). Значения же среднего диаметра деревьев в течение всей их жизни увеличиваются, хотя текущий годичный прирост неуклонно снижается.

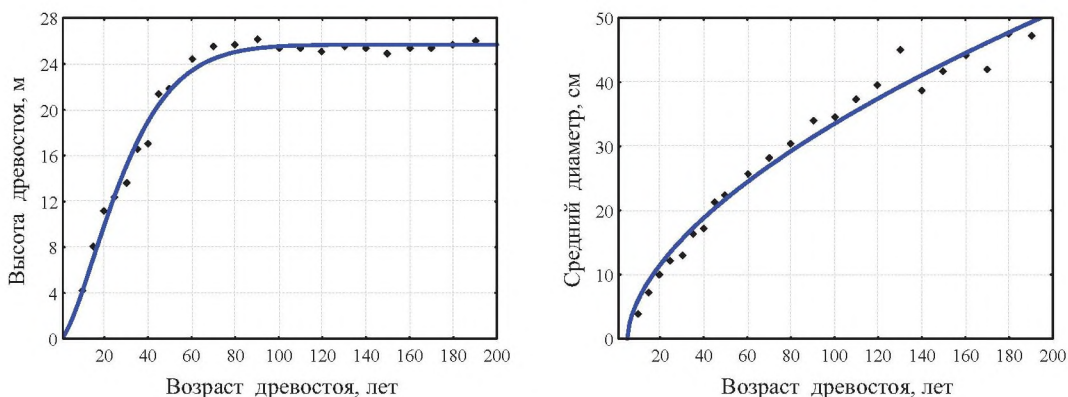


Рис. 6. Динамика средних значений высоты (слева) и диаметра древостоев с участием липы

По мере развития древостоев с участием липы определенным образом изменяются не только их размерные параметры, но и породная структура, что связано с естественными сукцессионными процессами, лесохозяйственной деятельностью и колебаниями климата. Так, среднее число пород деревьев, участвующих в сложении древостоев, и значительно флуктуирует во времени, однако все же постепенно снижается с увеличением их возраста (рис. 7). Сходным образом изменяются значения индексов Симпсона-Гибсона (SG) и Пиелу (E), характеризующих соответственно разнообразие породной структуры древостоев и степень ее выравненности. Индекс же доминирования липы в составе древостоев неуклонно увеличивается.

Изменения всех этих параметров свидетельствует о том, что по мере развития древостоев уровень энтропии в них, как и во всех живых системах, снижается, а породная структура становится менее сложной и более организованной. Мы понимаем, что данные по изменению породной структуры древостоев, полученные на основе анализа таксационных описаний насаждений, не отражают их истинной динамики, которая в каждом конкретном биогеоценозе (таксационном выделе) может протекать сугубо специфично, исходя из характера воздействия на него природных и антропогенных факторов. Эти данные характеризуют лишь общие тенденции изменения всей совокупности древостоев, позволяя выявить некоторые четко выраженные их закономерности.

Расчеты показали, что в ходе развития древостоев липа неуклонно увеличивает долю своего участия в них (рис. 8), постепенно отвоевывая для себя жизненное пространство в лесу и становясь со временем эдификатором биогеоценозов, полностью определяющим их функционирование и развитие. Доля участия остальных пород деревьев изменяется волнообразно. Так, снижение доли участия дуба отмечено в возрасте 20 лет, 60-80, 120 и 140 лет, а увеличение – в 30-50, 90-110, 130 и 160-170 лет. Доля березы в древостоях увеличивается до 30-летнего их возраста, затем в течение 20 лет снижается, вновь возрастая после 50 лет и достигая в 80 лет максимальных значений (25,7%). Затем идет ее неуклонное снижение. В динамике долевого участия в древостоях осины отмечаются три мощных волны, связанных с проведением рубок ухода, а также появлением и распадом разных ее поколений. Гребень первой волны отмечается на начальном этапе развития древостоя, второй – в возрасте 70 лет, а тре-

тшей – в 150. Доля участия прочих пород деревьев, в число которых входят ясень, клен остролистный, вяз и древовидные ивы, наиболее велика в возрасте 40-50 лет, а затем резко снижается до 1-6%, удерживаясь далее на этом уровне до 150 лет. В более старшем возрасте эти породы вновь начинают внедряться в состав постепенно распадающихся древостоев, и их доля немного увеличивается.

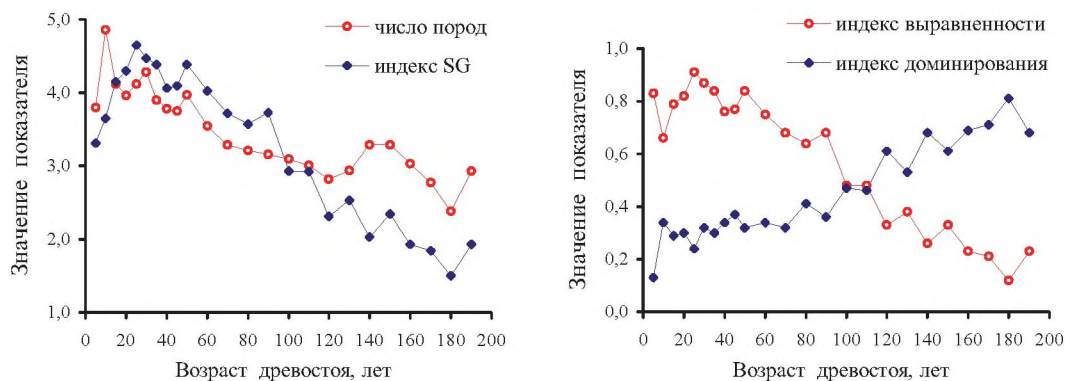


Рис. 7. Динамика параметров породной структуры древостоев с участием липы мелколистной

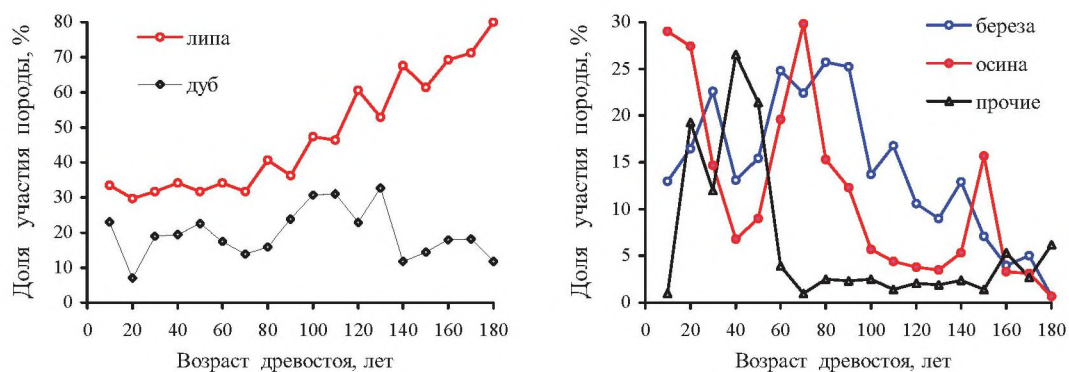


Рис. 8. Динамика породного состава древостоев с участием липы мелколистной в ТЛУ D₂

Перестройка породной структуры древостоев сопровождается, как показали расчеты, изменением их производительности. В молодых древостоях основную роль в этом играет осина, которая способна быстро осваивать свободное пространство и другие доступные ресурсы среды, увеличивая сомкнутость полога (табл. 2). Полноту спелых древостоев определяет, кроме осины, еще и береза, которая осваивает экологическую нишу, не занятую по тем или иным причинам дубом. В перестойных древостоях полнота регулируется уже в основном изменением числа пород деревьев, участвующих в сложении их состава. Доля же участия липы в древостоях практически не влияет на величину запаса древесины, но приводит к существенному изменению их породного состава (табл. 3).

Взаимосвязь между полнотой и породной структурой древостоев с участием липы

Полнота древостоя	Число выделов	Среднее число пород	Средняя доля участия разных пород в составе древостоя, %				
			липы	дуба	березы	осины	прочих
<i>Возраст древостоев 20-30 лет</i>							
0,5	4	4,25	27,5	12,5	22,5	7,5	30,0
0,6	9	3,44	26,7	36,7	13,3	4,4	18,9
0,7	40	3,88	36,8	17,5	9,3	15,3	21,1
0,8	53	3,96	22,6	27,7	17,4	17,4	14,9
0,9	84	4,00	30,1	9,5	16,9	29,4	14,1
1,0	71	3,77	24,4	8,3	25,5	29,7	12,1
<i>Возраст древостоев 85-95 лет</i>							
0,4	52	2,92	47,7	38,5	8,7	1,9	3,2
0,5	97	3,31	37,7	35,6	14,3	8,9	3,5
0,6	161	3,25	38,8	17,3	30,2	11,7	2,0
0,7	73	3,03	31,8	9,6	38,4	19,9	0,3
0,8	9	3,00	17,8	0,0	42,2	40,0	0,0
<i>Возраст древостоев 160-190 лет</i>							
0,3	16	2,25	75,6	16,9	1,3	1,3	4,9
0,4	28	2,46	75,4	18,2	2,1	0,7	3,6
0,5	36	3,00	70,0	18,1	5,3	2,8	3,8
0,6	19	3,11	72,6	13,2	4,2	5,8	4,2

По мере увеличения возраста древостоев (A , лет) в них изменяется также наличный запас стволовой древесины разных пород деревьев (M , м³/га), что с высокой точностью аппроксимируют следующие уравнения регрессии:

$$M_{\text{липы}} = 3,759 \times A^{0,748} \times \exp(-2,595 \times 10^{-5} \times A^{1,748}); R^2 = 0,938; p < 0,001; \quad (7)$$

$$M_{\text{дуба}} = 1,046 \times A^{0,971} \times \exp(-5,936 \times 10^{-5} \times A^{1,971}); R^2 = 0,706; p < 0,01; \quad (8)$$

$$M_{\text{березы}} = 0,485 \times A^{1,249} \times \exp(-3,903 \times 10^{-5} \times A^{2,249}); R^2 = 0,841; p < 0,001; \quad (9)$$

$$M_{\text{осины}} = 1,978 \times A^{0,807} \times \exp(-3,415 \times 10^{-4} \times A^{1,807}); R^2 = 0,634; p < 0,01; \quad (10)$$

$$M_{\text{прочих}} = 1,778 \times 10^{-2} \times A^{2,165} \times \exp(-1,795 \times 10^{-6} \times A^{3,165}); R^2 = 0,859; p < 0,001 \quad (11)$$

Графическое отображение данных уравнений, представленное на рис. 9, показывает, что кульминация величины наличного запаса стволовой древесины наступает у всех участвующих в составе древостоев пород деревьев в разное время: у липы –

в возрасте около 200-220 лет, дуба – 95, березы – 70, осины – 55. Существенно различается у них и величина годовичного прироста, который выше всего у липового элемента леса и максимален у всех пород, кроме березы, в начальный период развития древостоев. Графическое отображение модели изменения запаса и состава древостоев, определяющей в конечном итоге сортиментно-сортную структуру и таксовую стоимость стволовой древесины, представлено на рисунке 10.

Таблица 3

Влияние доли участия липы на производительность и состав древостоев

Доля липы	Число выделов	Запас, м ³ /га	Среднее число пород	Средняя доля участия пород в составе древостоя, %			
				дуба	березы	осины	прочих
Возраст древостоев 20-30 лет							
1-2 ед.	145	133	3,86	19,7	21,8	27,5	16,0
3-4 ед.	78	125	4,12	11,9	15,6	21,4	16,1
5-6 ед.	32	131	3,69	3,8	10,3	15,3	15,6
7-8 ед.	5	152	3,40	6,0	4,0	6,0	9,0
Возраст древостоев 85-95 лет							
1-2 ед.	141	248	3,30	13,4	43,7	25,9	2,0
3-4 ед.	125	217	3,32	35,6	22,2	4,9	2,3
5-6 ед.	92	212	3,13	26,0	12,9	3,8	2,3
7-8 ед.	47	239	2,55	16,4	3,8	2,3	2,5
Возраст древостоев 160-190 лет							
3-4 ед.	7	166	3,55	42,0	8,5	5,0	9,5
5-6 ед.	19	224	3,72	24,9	8,8	6,9	4,4
7-8 ед.	49	199	2,81	15,9	2,9	1,3	4,9
9-10 ед.	25	177	1,50	4,4	0,0	0,0	0,6

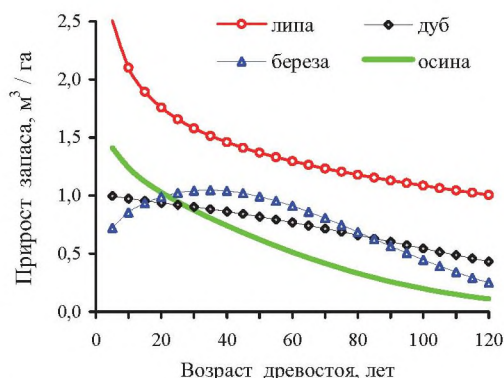
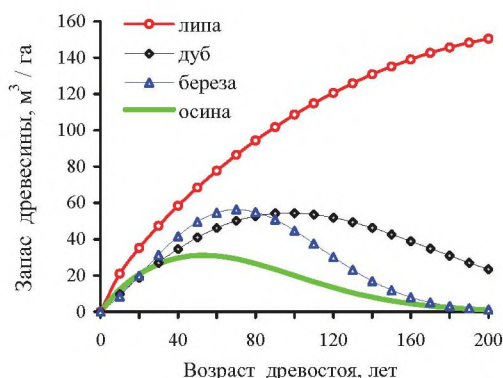


Рис. 9. Динамика наличного запаса стволовой древесины и его среднего годовичного прироста у разных элементов леса в древостоях с участием липы мелколистной в ТЛУ D₂

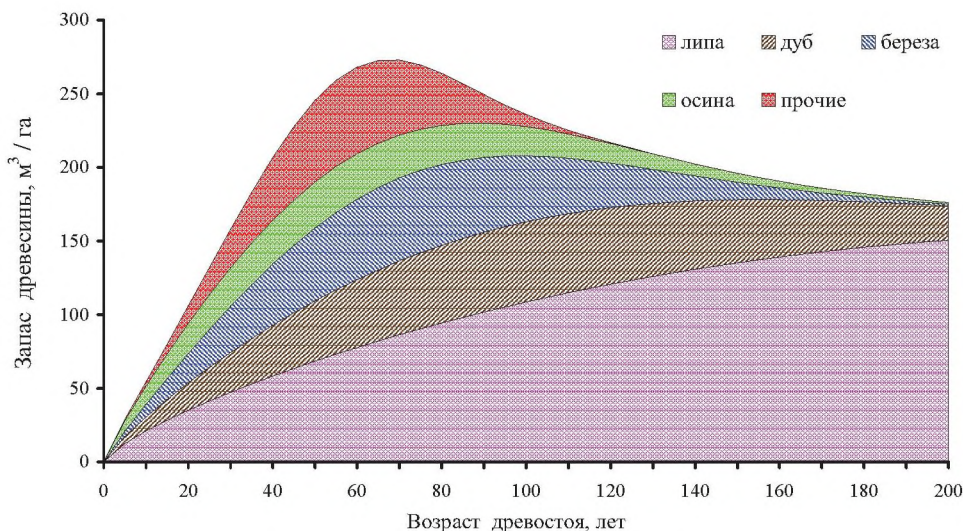


Рис. 10. Закономерности распределения запаса стволовой древесины между различными компонентами древостоев с участием липы в процессе их развития в ТЛУ D₂ Марийского Предволжья

Заключение

Анализ результатов исследования, проведенных на основе обширнейшей базы данных, которой не располагал пока еще ни один из исследователей, показал, что по мере увеличения возраста древостоев с участием липы их породная структура в Марийском Предволжье претерпевает под действием природных и антропогенных факторов существенные изменения, выражающиеся в неуклонном увеличении доли липы, которая постепенно отвоевывает для себя жизненное пространство в лесу, становясь со временем главным эдификатором лесных биогеоценозов, полностью определяющим их функционирование и развитие. Чем моложе биогеоценозы, тем больше отличается их структура от естественного регионального эталона, в качестве которого могут быть приняты 160-190-летние дубово-липовые древостои. Из этого следует, что эколого-ресурсный потенциал лесов Марийского Предволжья реализуется далеко не в полной мере, и имеются определенные резервы его повышения за счет регулирования долевого участия пород, которое во многих случаях не является оптимальным, а также омоложения древостоев, утрачивающих средообразующие и средозащитные функции. Полностью решить задачу по оптимизации породного состава древостоев в Марийском Предволжье, а также режимов их выращивания можно лишь на основе натуральных экспериментов. На это потребуются, естественно, очень много времени, средств и терпения, однако получить надежные результаты иным путем, к сожалению, невозможно.

Библиографический список

1. Агроклиматические ресурсы Марийской АССР. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 107 с.
2. Демаков Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем: методологические и методические аспекты. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2000. 415 с.

3. *Демаков Ю.П.* Унификация подходов к математическому описанию биологических объектов и процессов // *Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы.* Тула: Гриф и К°, 2001. С. 131-134.
4. *Демаков Ю.П.* Методика использования таксационных описаний насаждений для анализа структуры и динамики древостоев // *Наука в условиях современности.* Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. С. 6-8.
5. *Демаков Ю.П., Исаев А.В.* Динамика производительности и состава древостоев в различных экотопах заповедника «Большая Кокшага» // *Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага».* Вып. 4. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. С. 24-67.
6. *Демаков Ю.П., Медведкова Е.А.* Структура и динамика естественных лесных биогеоценозов Ботанического сада МарГТУ // *Вестник Марийского государственного технического университета.* Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. Вып. 1. С. 16-28.
7. *Демаков Ю.П., Смыков А.Е., Гаврицкова Н.Н.* Структура, продуктивность и динамика осинников Республики Марий Эл // *Вестник Марийского государственного технического университета.* Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 2. С. 24-38.
8. *Демаков Ю.П., Симанова А.А.* Структура ельников Республики Марий Эл и закономерности распространения елей рода *Picea* в ее лесном фонде // *Хвойные бореальной зоны.* 2014. № 5-6. С. 29-35.
9. *Демаков Ю.П., Исаев А.В., Симанова А.А.* Закономерности развития древостоев в сурамнях Марийского Заволжья // *Сибирский лесной журнал.* 2015. № 1. С. 43-57.
10. *Демаков Ю.П., Исаев А.В.* Закономерности развития древостоев в субориях Марийского Заволжья // *Вестник Удмуртского государственного университета.* Серия: Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25. Вып. 2. С. 58-70.
11. *Демаков Ю.П., Краснов В.Г., Исаев А.В.* Закономерности развития древостоев с участием дуба в лесах Марийского Предволжья // *Вестник Удмуртского государственного университета.* Серия: Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25. Вып. 4. С. 58-70.
12. *Демаков Ю.П., Исаев А.В., Краснов В.Г.* Закономерности развития древостоев с участием ясеня в лесах Марийского Предволжья // *Вестник Поволжского государственного технологического университета.* Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 4. С. 24-38.
13. *Демиденко Е.З.* Оптимизация и регрессия. М.: Наука, 1989. 292 с.
14. *Дрейпер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ: Пер. с англ. М.: Статистика, 1973. 392 с.
15. *Журавлева Г.А., Алексеев И.А.* Липняки Среднего Поволжья: ресурсная и санитарная оценка. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. 171 с.
16. *Карманова И.В.* Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М.: Наука, 1976. 223 с.
17. *Кендалл М., Стьюарт А.* Многомерный статистический анализ и временные ряды: Пер. с англ. М.: Мир, 1976. 736 с.
18. *Кивисте А.К.* Функции роста леса. Тарту: Эстонская сельскохозяйственная академия, 1988. 108 с.
19. *Курнаев С.Ф.* Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 201 с.
20. *Лебедева Д.А., Кривошукский Д.А.* Биологическое разнообразие и методы его оценки // *География и мониторинг биоразнообразия.* М.: НУМЦ, 2002. С. 9-75.
21. *Лесной фонд России: Справочник.* М.: Государственная лесная служба, 2003. 637 с.
22. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Проблемы, понятия и термины современной экологии. Уфа: Гилем, 2010. 400 с.
23. *Мурахтанов Е.С.* Основы организации комплексного хозяйства в липняках Средней Волги. Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. 302 с.
24. *Мурахтанов Е.С.* Липа. М.: Лесная промышленность. 1981. 80 с.
25. *Мэггаран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.

26. *Песенко Ю.А.* Концепция видового разнообразия и индексы, его измеряющие // Журнал общей биологии. 1978. Т. 39. № 3. С. 380-393.
27. *Пуряев А.С., Демаков Ю.П.* Возрастные изменения состава лесов в сураменях Предкамья Республики Татарстан // Лесохозяйственная информация. 2015. № 3. С. 13-21.
28. *Пчелин В.И.* Дендрология. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. 519 с.
29. *Соколов П.А.* Состояние и теоретические основы формирования липняков. Йошкар-Ола: Марийское кн. изд-во, 1978. 208 с.
30. *Султанова Р.Р.* Эколого-лесоводственные основы ведения хозяйства в липняках Южного Урала. М.: МГУЛ, 2006. 237 с.
31. *Усольцев В.А.* Лесные арабески, или Этюды из жизни наших деревьев. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2014. 161 с.
32. *Харитонович Ф.Н.* Биология и экология древесных пород. М.: Лесная промышленность, 1968. 304 с.
33. *Хлюстов В.К., Лямеборшай С.Х.* Информационные технологии устойчивого управления лесами: проблемы и решения. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. 100 с.

STRUCTURE AND LAWS OF THE DEVELOPMENT OF STANDS WITH LINDEN IN THE FORESTS OF MARI PREDVOLZHJE

YU.P. DEMAКOV^{1, 2}, V.G. KRASNOV¹, A. V. ISAEV²

(¹Volga State University of Technology)

(²State Nature Reserve “Bolshaya Kokshaga”, Yoshkar-Ola)

*The results of the research, reflecting the structure and patterns of development of forest stands with tillet participation (*Tilia cordata* Mill) on the territory of Mari Predvolzhje and are expressed in the form of mathematical equations, the raw material for which serves an electronic database. It is shown that the composition of these stands are mainly complex, consisting of 3-4 trees, the most frequent are birches (70.4%), oaks (65.9%), aspens (52.6%) and Norway maples (29.4%). The share of participation of linden varies from 1 to 10 units, with an average of 37.7%. Prevalence of linden noted in 44.5% of the area of stands with its participation. Their age is about 250 years, the quality class varies from I to V (average 1.76) and the completeness – from 0.3 to 1.0 (average of 0.66). All parameters of the stands do not remain stable, and naturally change with the increasing of their age. So, the completeness of stands has been steadily declining up to the age of 120 years, and then it is stabilized at around 0.46, reaching the natural growing conditions for these levels. The productivity class of the stands changes in a period of 170 years wavily, which is connected with complex changes in their species composition and environmental conditions. It was shown that the share of linden trees in stands is increasing steadily, reaching 70-80% at the age of 160-190 years. This specie is gradually winning the living space in the forest, becoming the main edificator of forest ecosystems and completely determining their functioning and development. Their structure becomes less complex and more organized growing older. It is concluded that the linden of Mari Predvolzhje does not fully realize its potential, which is necessary to improve by the technological improvement care and by the optimization of forest species in stands. There are concrete practical recommendations for the improvement of ecological and resource potential of tilletts.*

Key words: *tillet; Mari Upland Predvolzhhye; stands; structure; development; control.*

References

1. Agroclimaticheskie resursy Mariinskoy ASSR [Agroclimatic resources of Mariinskaya ASSR]. L.: Gidrometeoizdat, 1972, 107 p.
2. Demakov Yu.P. Diagnostika ustoichivosti lesnykh ekosistem: metodologicheskie i metodicheskie aspekty [Diagnostic of forest ecosystems resistance: methodological and methodical aspects]. Yoshkar-Ola: Mari-El Periodicals, 2000, 415 p.
3. Demakov Yu.P. Unifikatsiya podkhodov k matematicheskomu opisaniyu biologicheskikh objektov i protsessov [Unification of ways to mathematical description of biological objects and processes] // Forest stationary investigations: methods, results, perspectives. Tula: Grif and K°, 2001, Pp. 131-134.
4. Demakov Yu.P. Metodika ispolzovaniya taksatsionnykh opisaniy nasazhdeniy dlya analiza struktury i dinamiki drevostoyev [Methodic of using taxation planting description for analysis of stands structure and dynamics] // Science in modern conditions. Yoshkar-Ola: MSTU, 2009, Pp. 6-8.
5. Dimakov Yu.P., Isaev A.V. Dinamika proizvoditelnosti i sostava drevostoev v razlichnykh ekotopakh zapovednika "Bolshaya Kokshaga" [Stands productivity and structure dynamics in different ecotopes of reserve "Bolshaya Kokshaga"] // Scientific works of State Reserve "Bolshaya Kokshaga". Issue 4. Yoshkar-Ola: MSTU, 2009. Pp. 24-67.
6. Demakov Yu.P., Medvedkova E.A. Stuktura i dinamika estesstvennykh lesnykh biogeot-senozov Botanicheskogo sada MarGTU [Structure and dynamics of natural forest biogeocenosis in Botanical Garden MSTU] // Vestnik Mari State Technical University. Series: Forest. Ecology. Exploitation of natural resources. 2010. Issue 1. Pp. 16-28.
7. Demakov Yu.P., Smykov A.E., Gavrizhkova N.N. Struktura, produktivnost i dinamika osin-nikov Respubliki Mari-El [Structure, productivity and dynamics of aspen forests in Mari-El Republic] // Vestnik Mari State Technical University. Series: Forest. Ecology. Exploitation of natural resources. 2011. Issue 2. Pp. 24-38.
8. Demakov Yu.P., Simonova A.A. Struktura elnikov Respubliki Mari-El i zakonomernosti rasprostraneniya eley roda Picea v ee lesnom fonde [Fir wood structure in Mari-El Republic and regularity distribution of fir Picea in its forest resources] // Fir woods in boreal zone. 2014. Issue 5-6. Pp. 29-35.
9. Demakov Yu.P., Isaev A.V., Simonova A.A. Zakonomernosti razvitiya drevostoev v suramen-jakh Mariiskogo Zavolzhja [Stands development regularities in suramens of Mari Zavolzhje] // Siberian forest journal. 2015. Issue 1. Pp. 43-57.
10. Demakov Yu.P., Isaev A.V. Zakonomernosti razvitiya drevostoev v suborjah Mari-iskogo Zavolzhja [Stands development regularities in subors of Mari Zavolzhje] // Vestnik of Udmurtia State University. Series: Biology. Sciences about Earth. 2015. Vol.25. Issue 2. Pp. 58-70.
11. Demakov Yu.P., Krasnov V.G., Isaev A.V. Zakonomernosti razvitiya drevostoev s uchast-iem duba v lesakh Mariiskogo Predvolzhja [Stands development regularities with oak participation in forests of Mari Predvolzhje] // Vestnik of Udmurtia State University. Series: Biology. Sciences about Earth. 2015. Vol.25. Issue 4. Pp. 58-70.
12. Demakov Yu.P., Isaev A.V., Krasnov V.G. Zakonomernosti razvitiya drevostoev s uchast-iem yasnya v lesakh Mariiskogo Predvolzhja [Stands development regularities with ash partici-pation in forests of Mari Predvolzhje] // Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Exploitation of natural resources. 2015. Issue 4. Pp. 24-38.
13. Demidenko E.Z. Optimizatsiya i regressiya [Optimization and regression]. M.: Science, 1989. 292 p.
14. Draper N., Smith G. Prikladnoy regressionniy analiz: Per.s angl. [Application regression study: translation from English] M.: Statistics, 1973. 392 p.
15. Zhuravleva G.A., Alekseev I.A. Lipnyaki Srednego Privolzhya: resursnaya i sanitarnaya otsenka [Lime forest of Middle Privolzhye: resource and sanitary evaluation]. Yoshkar-Ola: MSTU, 2003. 171 p.

16. *Karmanova I.V.* Matematicheskie metody izucheniya rosta i productivnosti rasteniy [Mathematical methods in investigation of growth and productivity of plants]. M.: Science, 1976. 223 p.
17. *Kendell M., Stuart A.* Mnogomerniy statisticheskiy analiz i vremennye ryady: Per.s angl. [Multivariate statistical analysis and time periods: transl.from Engl.] M.: Mir, 1976, 736p.
18. *Kviste A.K.* Funktsii rosta lesa [Functions of forest growth]. Tartu: Estonia Agricultural Academy, 1988, 108 p.
19. *Kurnaev S.F.* Lesostroitelnoe rayonirovanie SSSR [Forest zonation in USSR]. M.: Science, 1973. 201 p.
20. *Lebedeva D.A., Krivolutskiy D.A.* Biologicheskoe raznoobrazie i metody ego otsenki [Biological variety and methods of its evaluation] // Geography and monitoring of biological variety. M.: NUMC, 2002. Pp. 9-75.
21. Lesnoy fond Rossii: Spravochnik [Russian forest fund: Reference book]. M.: State forest service, 2003. 637 p.
22. *Mirkin B.M., Naumova L.G.* Problemy, ponyatiya i terminy sovremennoy ekologii [Problems, concepts and terms in modern ecology]. Ufa: Gilem, 2010. 400 p.
23. *Murakhtanov E.S.* Osnovy organizatsii kompleksnogo hozaistva v lipnyakah Sredney Volgi [Organization base of complex forestry in lime forests of Mid-Volga Region]. L.: Publish. LSU, 1972. 302 p.
24. *Murakhtanov E.S.* Lipa. M.: Lesnaya promyshlennost [Forest industry]. 1981. 80 p.
25. *Meggaran E.* Ecologicheskoye raznoobrazie i ego izmerenie [Ecological variety and its measuring]. M.: Mir, 1992. 184 p.
26. *Pesenko Y.A.* Kontseptsia vidovogo raznoobrazia i indeksy, ego izmeryaushchie [Species diversity conception and its measuring indexes] // General biology journal. 1978. Vol.39. Issue 3. Pp. 380-393.
27. *Puryaev A.S., Demakov Yu.P.* Vozrastnye izmeneniya sostava lesov v suramenjakh Predkamya Respubliki Tatarstan [Age changes of forest structure in suramens of Predkam'ya in Tatarstan Republic] // Forestry informatization. 2015. Issue 3. Pp. 13-21.
28. *Pchelin V.I.* Dendrologia [Dendrology]. Yoshkar-Ola: MSTU, 2007. 519 p.
29. *Sokolov P.A.* Sostoyanie i teoriticheskie osnovy formirovaniya lipnyakov [Conditions and theoretical bases in lime forest formation]. Yoshkar-Ola: Mari publishing, 1978. 208 p.
30. *Sultanova R.R.* Ecologo-lesovodstvennye osnovy vedeniya hozaystva v lipnyakah Yuzhnogo Urala [Eco forestry bases in lime forest management in the South Urals]. M.: MSUF, 2006. 237 p.
31. *Usoltcev V.A.* Lesnye arabeski, ili Etudy iz zhizni nashih derevjev [Forest arabesques or etudes from our trees lives]. Ekaterinburg: Ural State Forestry Engineering University, 2014. 161 p.
32. *Kharitonovich F.N.* Biologia i Ecologia Drevesnyh porod [Biology and ecology of tree species]. M.: Forest industry, 1968. 304 p.
33. *Khlyustov V.K., Lyameborshai S. Kh.* Informatsionnye tehnologii ustoychivogo upravleniya lesami: problemy i resheniya [Information technology in stable forest control: problems and solutions]. M.: Publishing RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev, 2013. 100 p.

Демаков Юрий Петрович – д.б.н., проф. кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии Поволжского государственного технологического университета (424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3; тел.: (8362) 68-68-38; e-mail: DemakovYP@volgatech.net).

Краснов Виталий Геннадьевич – к.с.-х.н., доц. кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии Поволжского государственного технологического университета (424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3; тел.: (8362) 68-68-29; e-mail: KrasnovVG@volgatech.net).

Исаев Александр Викторович – к.с.-х.н., зам. директора по научной работе государственного природного заповедника «Большая Кокшага» (424038, г. Йошкар-Ола, ул. Воинов-Интернационалистов, 26; e-mail: avsacha@yandex.ru).

Demakov Yury Petrovich – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of forest crops, plant breeding and biotechnology, Volga State University of Technology (424000, Yoshkar-Ola, Pl. Lenina 3). Tel.: 8 (362) 68-68-38. E-mail: DemakovYP@volgatech.net).

Krasnov Vitaliy Gennadevich – PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department forest crops, plant breeding and biotechnology, Volga State University of Technology (424000, Yoshkar-Ola, Pl. Lenina 3). Tel.: 8 (362)-68-68-29. E-mail: KrasnovVG @volgatech.net.

Isaev Alexander Viktorovich – PhD of Agricultural Sciences, Deputy Director for Research Activity, State Natural Reserve «Bolshaya Kokshaga» (424038, Yoshkar-Ola, 26 Voinov-Internatsionalistov St.). E-mail: avsacha@yandex.ru.