

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*182.5

ЭКОЛОГО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДРЕВОСТОЕВ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Ю. П. Демаков¹, А. В. Исаев², В. Л. Черных¹

¹Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: DemakovJP@volgatech.net

²Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»,
Российская Федерация, 424038, Йошкар-Ола, ул. Воинов-интернационалистов, 26
E-mail: nauka_gpz@yolamail.ru

Проведена сравнительная оценка потенциальной производительности древостоев лесобразующих пород Среднего Поволжья, большинство параметров которой довольно точно и адекватно отображает высота деревьев, функционально связанная с ними и определяющая основную долю варьирования значений. Подобраны соответствующие математические модели, позволяющие проводить оценку и имитационное моделирование производительности древостоев с целью рационального использования и повышения их эколого-ресурсного потенциала путём оптимизации породного состава, наилучшим образом соответствующего целям ведения хозяйства и лесорастительным условиям.

Ключевые слова: *древостой; производительность; оценка; математические модели; оптимизация.*

Введение. Задача рационального использования и повышения эколого-ресурсного потенциала лесов была и остаётся одной из важнейших в научном и практическом аспектах. Для её успешного решения необходима, прежде всего, оптимизация методов его оценки и создание справочно-нормативной базы, включающей параметры, отражающие все разнообразные полезные функции насаждений. Сделать это можно лишь на основе очень большой базы экспериментальных данных, обобщением которых в России сейчас успешно занимаются некоторые коллективы учёных [1–11], а также широкого использования методов математического моделирования. Математическая модель должна рассматриваться при этом не столько как средство описания конкретных

эмпирических данных, **а как метод познания.** При переводе на язык математического формализма проблема становится часто гораздо ясней, так как математическая модель того или иного природного явления позволяет чётко выявить неоднородность исходного материала, а также недостатки в методике его сбора и обработки. Математическая модель природного процесса представляет собой строгое воплощение некоторой сформулированной исследователем гипотезы, поэтому в её основе должна лежать хорошая идея. Сопоставление модели и реального явления представляет собой проверку этой гипотезы. Неадекватность отражения моделью реальной действительности указывает на необходимость отказа от исходной гипотезы или, во всяком случае, её усовершенствования.

Целью работы является совершенствование методов оценки эколого-ресурсного потенциала древостоев и создание математических моделей, позволяющих решать задачи по оптимизации породного состава лесов, исходя из целей ведения хозяйства и почвенно-экологических условий.

Подходы к решению задачи и исходная гипотеза. Для решения задачи могут быть использованы два способа сбора исходной информации. Первый из них основан на натурной оценке состояния биогеоценозов с использованием пробных площадей и модельных деревьев. Второй – на логическом и математическом анализе цифровых материалов, собранных трудом многих исследователей и содержащихся в различных источниках, а также таксационных описаний насаждений, сведённых в электронные базы данных. Первый подход очень трудоёмок и не позволяет во многих случаях получить достаточно обширный и репрезентативный материал. Второй же подход в настоящее время более предпочтителен, о чём убедительно свидетельствуют полученные нами результаты [12–19].

Одним из важнейших таксационных показателей, используемых для оценки эколого-ресурсного потенциала лесов, является запас стволовой древесины, через который расчётным путём посредством установленных исследователями конверсионно-объёмных коэффициентов [2–7] можно вычислить значения всего комплекса показателей биологической продуктивности насаждений и степени выполнения ими экологических функций. Величина этого показателя, зависящая от многих природных и хозяйственных факторов, оценивается по формулам $M = G_{факт.} \cdot F \cdot H$ или $M = P \cdot G_{1,0} \cdot F \cdot H$, в которых M – запас стволовой древесины, м³/га; $G_{факт.}$ – фактическая сумма площади поперечного сечения стволов, м²/га; $G_{1,0}$ – сумма площади поперечного сечения стволов древостоя при полноте

1,0, м²/га; P – относительная полнота древостоя; F – видовое число, H – средняя высота древостоя, м. При проведении лесоустроительных работ все входящие в формулы параметры, кроме видового числа, которое является функцией от высоты древостоя, оцениваются таксаторами в основном глазомерно с той или иной погрешностью, величина которой во многом зависит от квалификации исполнителя и его личных качеств. Поэтому не случайно исследователями давно ведутся работы по совершенствованию методов натурной оценки биологической продуктивности насаждений и поиску параметров, позволяющих провести её с наименьшими затратами и погрешностью.

Ещё в начале XX столетия немецкий ученый Эйхгорн [цит. по: 20] установил, что запас стволовой древесины является функцией средней высоты древостоя и не зависит от его возраста и класса бонитета. Этот вывод был подтверждён в 1923 году Е. Герхардтом [цит. по: 21]. Н.В. Третьяков [цит. по: 22] для определения запаса сомкнутых насаждений предложил формулу $M = \alpha(H - \beta)$, в которой значения коэффициентов α и β сугубо специфичны для каждой древесной породы и класса бонитета древостоя (экологический смысл коэффициентов α и β автор не раскрыл). Тщательная проверка вывода Эйхгорна была проведена Г. Томазиусом [23], доказавшим на основе обширных экспериментальных данных наличие тесной зависимости запаса сомкнутых древостоев от их средней высоты, наилучшим образом аппроксимируемой степенной функцией $M = \alpha H^\beta$, коэффициенты которой не являются постоянными, а зависят от древесной породы, густоты древостоя, интенсивности и периодичности проведения в нём рубок ухода (экологический смысл коэффициентов α и β он также не раскрыл). В дальнейшем этот весьма перспективный подход к оценке эколого-ресурсного потенциала лесов не получил, к сожалению, дальнейшего развития и

был забыт. Исследователи увлеклись поиском связей между параметрами модельных деревьев, перенося полученные результаты на древостои в целом и не задумываясь о том, что эти подходы к решению задачи далеко не схожи, так как характер связи между средними таксационными параметрами насаждений, как самоорганизующихся и саморазвивающихся систем, может быть иной. В качестве исходной гипотезы нами выдвинуто положение о том, что по значениям средней высоты древостоев и их полноты можно с наименьшими затратами и погрешностью оценить не только запас стволовой древесины, но и все остальные параметры эколого-ресурсного потенциала лесов.

Материал и методика. Исходным материалом для расчётов служили таблицы биопродуктивности древостоев, созданные трудом многих исследователей [9, 24, 25], а также электронная база данных по 83 лесничествам Республики Марий Эл (более 200 тыс. выделов). Работа заключалась в математическом и логическом анализе характера связи параметров эколого-ресурсного потенциала предельно сомкнутых древостоев различных лесобразующих пород с их средней высотой.

Результаты и их обсуждение. Расчёты показали, что зависимость запаса стволовой древесины в сомкнутых древостоях от их средней высоты наилучшим образом описывает степенная функция $M = \alpha H^\beta$ ($R^2 > 0,99$; $p < 0,001$ при $0 < H < 35$ м), однако значения её коэффициентов сугубо специфичны не только для каждой древесной породы, но и, самое главное, для разных источников информации (табл. 1). Так, значение коэффициента α , количественно отражающего величину исходного импульса (скорости) потенциальных возможностей древесных растений к росту, изменяется от 0,78 до 9,31, а коэффициента β , характеризующего темп роста (ускорение) в градиенте высоты древостоя, т.е. его способности к использованию природных ресурсов – от 1,159 до 1,974. В уравнениях, полученных на основе эмпирического материала по Республике Марий Эл, по всем древесным породам, кроме липы и ольхи чёрной, отмечаются наиболее высокие значения коэффициента α и самые низкие значения коэффициента β . Введение в уравнение других параметров (диаметра древостоя и пропорции Н/Д) не увеличивает его точности, но затрудняет проведение сравнительного анализа.

Таблица 1

Значения параметров уравнения, описывающего зависимость запаса стволовой древесины сомкнутых древостоев от их средней высоты

Древесная порода	Значения параметров уравнения $M = \alpha H^\beta$ по разным источникам*							
	А		В		С		D	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Сосна	3,66	1,501	9,63	1,159	4,91	1,425	9,31	1,179
Ель	5,28	1,448	4,52	1,420	3,15	1,607	6,75	1,308
Берёза	2,14	1,549	2,53	1,505	1,78	1,614	3,51	1,394
Осина	3,24	1,485	2,61	1,558	2,58	1,561	4,76	1,364
Липа	5,28	1,448	2,05	1,713	4,00	1,474	3,14	1,562
Дуб	3,21	1,464	3,20	1,480	3,40	1,509	6,29	1,311
Ольха (ч)	0,78	1,974	2,61	1,558	1,79	1,712	1,01	1,842

*Примечание: А – по таблице из справочника [24]; В – по таблице из справочника [25]; С – по таблицам из монографии В.А. Усольцева [9]; D – по материалам таксационных описаний насаждений лесного фонда Республики Марий Эл.

Существенно различен в использованных источниках информации и характер рангового распределения пород деревьев по значениям коэффициентов уравнений и по величине запаса древесины в градиенте средней высоты древостоя. Так, по материалам справочника Н. В. Третьякова, П. В. Горского и Г. Г. Самойловича [24] наивысший запас древостоя при его средней высоте 10 м имеют ельники, а по материалам Лесотаксационного справочника [25] и таксационных описаний насаждений лесного фонда Республики Марий Эл – сосняки, положение которых, по материалам этих источников, резко изменяется при достижении древостоем высоты 25 м (рис. 1). Причинами различий между древостоями разных пород по значениям коэффициентов уравнения являются особенности их роста и экологии, проявляющиеся в отношении растений к свету и другим

факторам среды. Причинами же расхождения между различными источниками данных могут являться, на наш взгляд, как различия в исходном материале по объёму выборки, пределам изменения таксационных параметров древостоя и природным условиям их произрастания, так и по методике оценки полноты насаждений, которая во многом определяет величину древесного запаса. Дело в том, что универсального эталона для оценки полноты насаждений, как это ни парадоксально, до сих пор не существует, поскольку в определении «нормы», выдвинутом еще в 1916 году М.М. Орловым, не приведено, как считают исследователи [26, 27], конкретных количественных значений, в результате чего величина суммы площади сечения стволов, которая зависит от состава древостоя, в различных источниках информации далеко не одинакова (табл. 2).

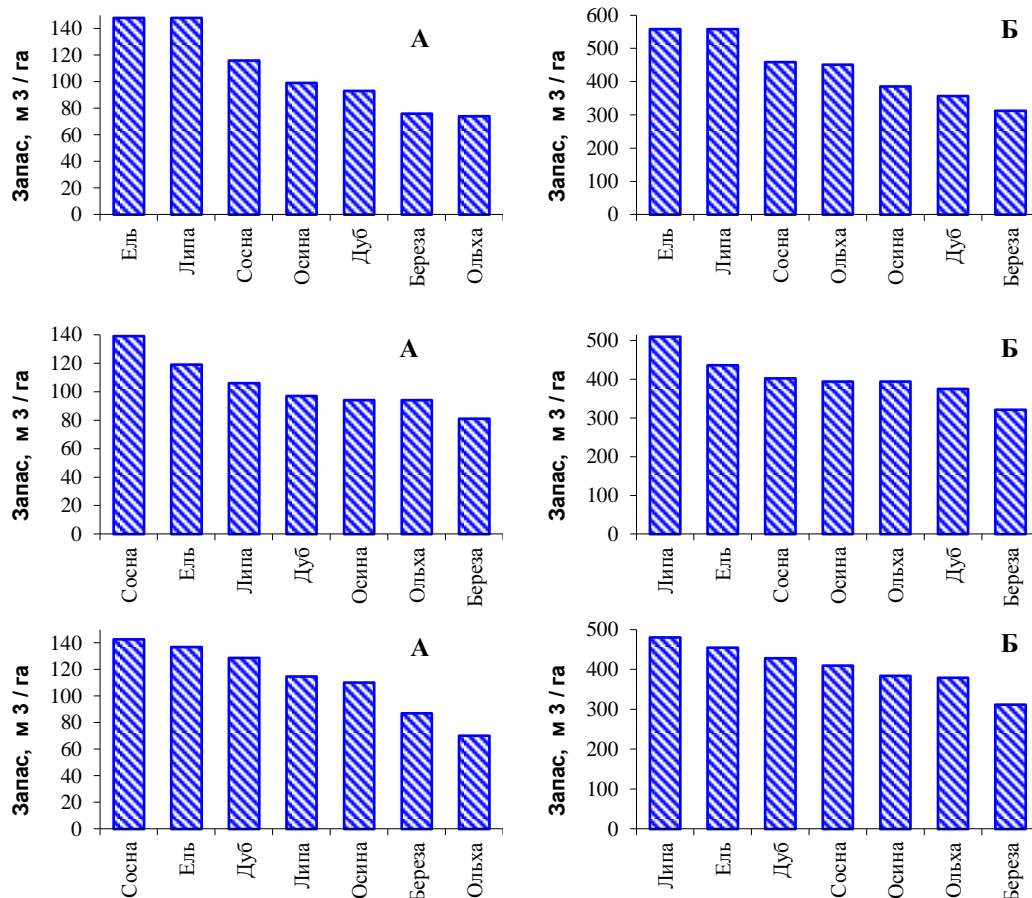


Рис. 1. Ранговое распределение древостоев разных пород деревьев по запасу стволовой древесины: верхний ряд – по материалам справочника [24]; средний ряд – по материалам справочника [25], нижний ряд – по материалам таксационных описаний насаждений Республики Марий Эл; А – при средней высоте древостоя 10 м; Б – при средней высоте 25 м

Таблица 2

Значения параметров уравнения, описывающего изменение суммы площадей сечения стволов в сомкнутых древостоях по градиенту значений их высоты

Древесная порода	Значения параметров уравнения $\Sigma G = \alpha (H - 1,3)^\beta$, вычисленные по материалам разных источников*							
	А		В		С		D	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Сосна	6,03	0,600	14,74	0,287	13,01	0,321	12,48	0,336
Ель	6,93	0,599	6,70	0,545	9,62	0,437	9,57	0,439
Берёза	4,24	0,605	3,99	0,636	6,26	0,476	6,79	0,447
Осина	5,18	0,599	4,70	0,638	8,11	0,456	8,75	0,429
Липа	6,93	0,599	4,22	0,748	4,53	0,699	4,30	0,717
Дуб	5,42	0,549	4,87	0,602	8,75	0,435	9,17	0,419
Ольха (ч)	1,64	0,981	4,70	0,638	2,07	0,871	2,69	0,781

*Примечание: А – по таблице из справочника [24]; В – по таблице из справочника [25]; С – по таблицам из монографии В.А. Усольцева [9]; D – по материалам таксационных описаний насаждений лесного фонда Республики Марий Эл.

Как же найти истину при таком различии значений коэффициентов уравнений, описывающих характер изменения показателей производительности древостоев в градиенте их средней высоты? Нужно, прежде всего, чётко определиться с понятием «эталонного» древостоя, полнота которого принимается за единицу. Такими эталонами должны являться, по нашему мнению, древостои, которые, по сравнению с другими древостоями, будут иметь наивысшие значения суммы поперечных сечений стволов и запаса древесины в градиенте их средней высоты. Для решения этой задачи мы объединили все данные по имеющимся источникам информации и выбрали из них максимальные значения показателей по всему градиенту средней высоты древостоев. В результате проделанной работы были вычислены для всех доминирующих древесных пород параметры уравнений, описывающих зависимость значений суммы поперечных сечений стволов и запаса древесины предельно сомкнутых древостоев от их средней высоты (табл. 3). Наиболее высокие значения коэффициента α , количественно отражающего величину потенциальных возможностей древесной

породы к росту, имеют, как свидетельствуют приведённые данные, дуб и сосна, а коэффициента β , характеризующего их способности к использованию ресурсов среды при изменении средней высоты древостоя, – ольха чёрная. Самое же низкое значение коэффициента β имеет дуб. Совместное действие разных по величине коэффициентов уравнения обуславливает специфику изменения древесного запаса по градиенту высоты у древостоев разных пород: в начале градиента (до высоты 5–6 м) наиболее высокий запас древесины имеют дубняки, которые в дальнейшем уступают своё лидерство теневыносливым ельникам и липнякам, осваивающим ресурсы среды лучше других древостоев (рис. 2). Черноольшаники вначале имеют наименьший запас древесины, однако в результате высокого ускорения его в градиенте высоты постепенно повышают своё положение в ранговом ряду, что особенно чётко отражает приращение величины показателя в градиенте средней высоты древостоя (рис. 3). Наименьшие значения суммы поперечных сечений стволов и запаса древесины с высоты древостоя 5 м имеют, по сравнению с другими насаждениями, березняки.

Таблица 3

Значения параметров уравнений изменения суммы площади сечения стволов и запаса древесины сомкнутых древостоев разных пород деревьев в градиенте их средней высоты, вычисленные по максимальным значениям показателей

Параметр уравнения	Значения параметров уравнений у древостоев различных пород						
	Сосна	Ель	Берёза	Осина	Липа	Дуб	Ольха
Уравнение $\Sigma G_{sup} = \alpha (H - 1,3)^\beta$							
α	12,12	8,872	6,859	8,748	7,453	12,52	3,23
β	0,402	0,538	0,477	0,457	0,589	0,352	0,796
Уравнение $M_{sup} = \alpha H^\beta$							
α	7,011	5,582	3,764	4,949	5,081	8,724	1,395
β	1,322	1,442	1,401	1,376	1,461	1,240	1,803

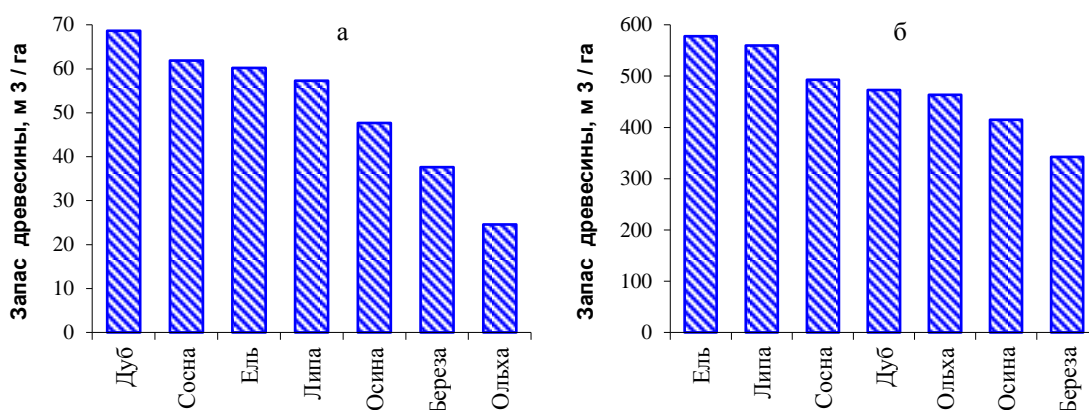


Рис. 2. Ранговое распределение древостоев разных пород деревьев по максимально возможному запасу древесины при средней высоте древостоя 5 м (а) и 25 м (б)

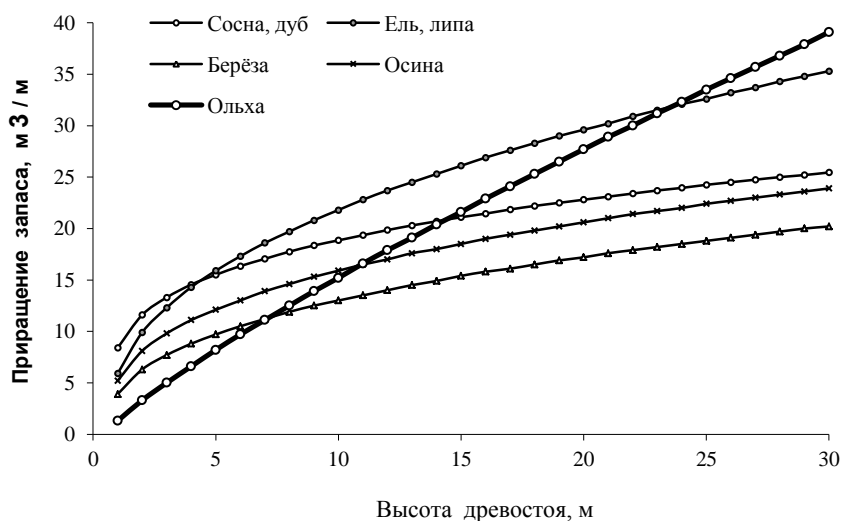


Рис. 3. Приращение максимально возможных значений запаса древостоев разных пород деревьев в градиенте значений их средней высоты

С высотой древостоя тесно связаны также значения среднего диаметра стволов, однако уравнения связи модельных и реальных древостоев несколько различаются между собой, а значения их коэффициентов сугубо специфичны у каждой древесной породы (табл. 4). Расчёты показали (рис. 4), что наибольший средний диаметр модельных древостоев в условиях Марий Эл имеют в пределах всего градиента их средней высоты дубняки, а наименьший – осинники и березняки, которые особенно требовательны к свету. Ранговое положение остальных древостоев меняется по мере увеличения их высоты. Так, в частности, сосняки и ельники постепенно снижают своё ранговое положение, уступая его черноольшаникам и липнякам.

Весьма значительное влияние на величину среднего диаметра древостоев оказывает не только их высота, но и густота. Так, в 20-летних опытных сосновых культурах средний диаметр деревьев при их исходной густоте 1 тыс. экз./га составил 12,0 см, а при густоте 11 тыс. экз./га – всего 5,7 см [28]. Средняя же высота деревьев составляла в них 6,8 и 6,2 м соответственно. Зависимость среднего диаметра деревьев (D , см) в сосновых культурах Марий Эл от их высоты (H , м) и исходной густоты (N , тыс. экз./га) отображается с высокой точностью ($R^2 = 0,952$), как было показано нами ранее [29], уравнением $D = 2,219 \cdot H^{0,940} \cdot (N + 1)^{-0,335}$. В модальных древостоях густота варьирует незначительно и её влиянием на средний диаметр деревьев можно пренебречь.

Таблица 4

Значения параметров уравнений изменения величины среднего диаметра деревьев «эталонных» и реальных древостоев в градиенте значений их средней высоты

Параметр уравнения	Значения параметров уравнений для различных древостоев:						
	сосны	ели	берёзы	осины	липы	дуба	ольхи
<i>Эталонные древостои - по материалам ТХР из монографии В.А. Усольцева [9]; $D = a \cdot (H - 1,3)^b$</i>							
a	0,643	0,860	0,628	0,529	0,576	0,353	0,530
b	1,213	1,118	1,165	1,216	1,278	1,445	1,301
R^2	0,979	0,990	0,979	0,963	0,969	0,941	0,990
<i>Реальные древостои - по материалам таксационных описаний; $D = a \cdot (H - 1,3)^{b \cdot H / 100 + c}$</i>							
a	2,854	2,685	1,508	1,053	1,214	2,670	3,034
b	0,745	0,767	0,439	0,311	0,622	1,156	1,115
c	0,551	0,563	0,780	0,959	0,867	0,588	0,465
R^2	0,999	0,999	0,999	0,990	0,994	0,987	0,998

Примечание: D – средний диаметр деревьев, см; H – средняя высота древостоя, м.

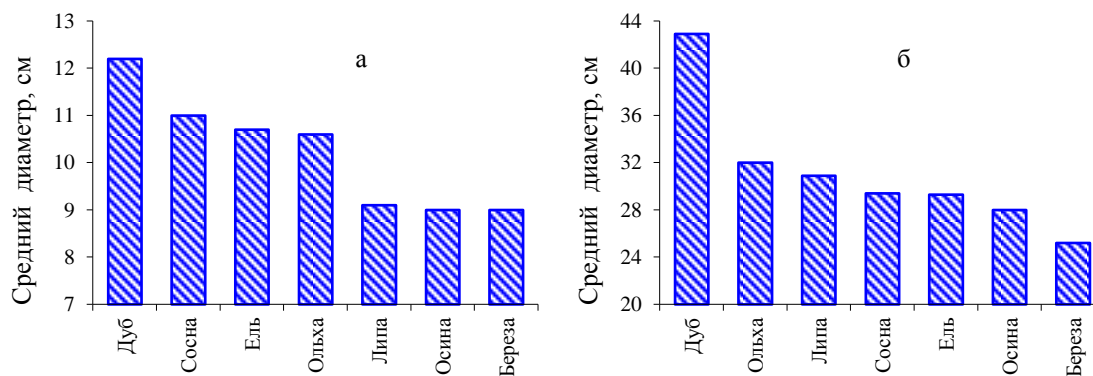


Рис. 4. Ранговое распределение различных древостоев по значениям среднего диаметра стволов при их средней высоте 10 (а) и 25 м (б)

По значениям суммы площади сечения стволов и их среднего диаметра, используя формулу $N = \Sigma G / [\pi \cdot (D/200)^2]$, вычисляется густота древостоя. Величина этого параметра, как и других параметров состояния древостоя, закономерно изменяется, согласно проведённым расчётам, в градиенте значений средней высоты деревьев. Для описания этой зависимости подходит функция $Y = K \cdot \exp[-a(H-2)^b]$, значения коэффициентов которой специфичны для каждой древесной породы (табл. 5), вследствие особенностей её биологии и способности к освоению ресурсов среды. Наиболее высокие значения коэффициентов K и a имеют осинники, а коэффициента b – черноольшаники, у которых отмечаются самые низкие значения коэффициентов K и a . Совместное действие разных по величине коэффициентов уравнения обуславливает специфику изменения густоты древостоев разных пород в градиенте значений их средней высоты, приводя, в конце концов, к чёткому вы-

страиванию их в ранговый ряд по степени светолюбия и требовательности к другим ресурсам среды (рис. 5). Самую низкую густоту древостоя во всём диапазоне значений его средней высоты имеют дубняки и черноольшаники.

Запас стволовой древесины, средний диаметр и густота древостоев далеко не в полной мере характеризуют их эколого-ресурсный потенциал. Наиболее адекватно отражает его их фитомасса, являющаяся мерой поглощения ими солнечной энергии, депонирования углерода, выделения кислорода, транспирации воды, поглощения элементов питания, обеспечения биотического круговорота и регуляции климата. Для перерасчёта объёма стволовой древесины в фитомассу древостоя и его отдельных фракций рядом исследователей [2–7] разработаны математические модели конверсионно-объёмных коэффициентов, предикторами (независимыми переменными) в которых являются возраст, высота и диаметр древостоев.

Таблица 5

Параметры уравнений зависимости густоты «эталонных» древостоев от их средней высоты

Параметр уравнения	Значения параметров уравнений для древостоев						
	сосна	ель	берёза	осина	липа	дуб	ольха
K	19761	20967	71773	210704	84324	33056	6649
a	0,631	0,641	1,176	1,479	1,027	0,866	0,389
b	0,540	0,527	0,481	0,509	0,523	0,548	0,588

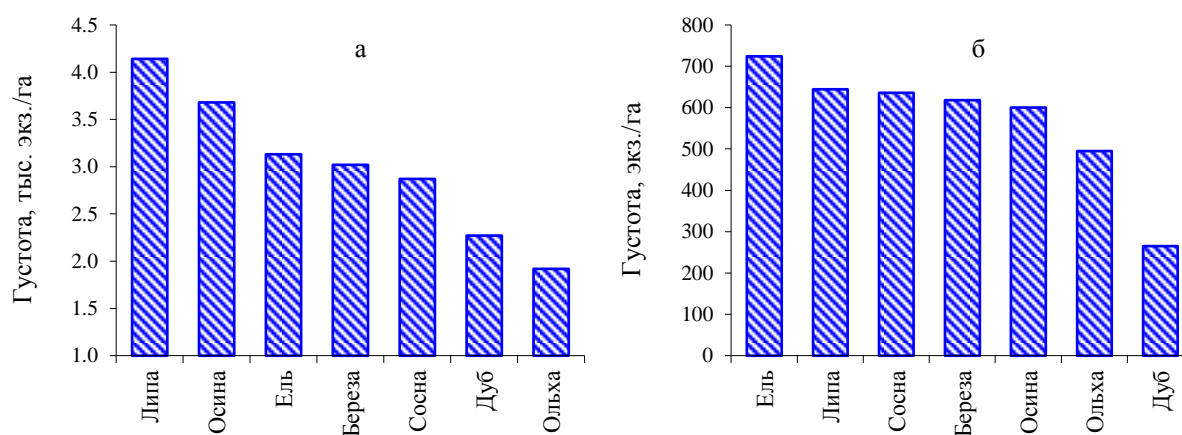


Рис. 5. Ранговое распределение различных древостоев по значениям густоты при их средней высоте 10 (а) и 25 м (б)

Мы, используя описанный выше подход, основанный на связи таксационных параметров древостоев с их средней высотой, провели соответствующие расчёты, в результате которых было установлено, что математической моделью в этом случае также является степенная функция $M = \alpha H^\beta$. Значения её коэффициентов, имеющие описанный выше конкретный биофизический смысл, оказались также специфичны для каждой древесной породы (табл. 6). Из приведённых данных видно, что наиболее сильно отличаются от других пород по значениям коэффициентов уравнения черноольшаники: коэффициент α у них самый низкий, а коэффициент β , наоборот, самый высокий. Наиболее высокие значения коэффициента α по массе древостоя в целом и по массе стволов имеют дубняки, по массе вет-

вей и ассимиляционного аппарата – ельники, а по массе корней – липняки. Самые низкие значения коэффициента β по общей фитомассе древостоя имеют липняки, по массе стволовой древесины и корней – дубняки, а по массе ветвей и ассимиляционного аппарата – сосняки. Лидером по массе ветвей и стволовой древесины в пределах всего оцененного нами градиента высоты древостоя (от 1 до 30 м) устойчиво являются дубняки, имеющие, как это ни парадоксально, наименьшую массу корней (рис. 6). Липняки имеют максимальную массу корней. Наименьшую массу стволовой древесины в древостоях высотой до 16 м имеют черноольшаники, а при большей высоте – осинники. Масса ветвей в древостоях высотой до 13 м меньше всего в березняках, а при большей высоте – в осинниках.

Таблица 6

Значения параметров уравнений изменения значений абсолютно сухой массы различных фракций предельно сомкнутых древостоев в градиенте их средней высоты

Параметр уравнения	Значения параметров уравнения $M = \alpha H^\beta$ для древостоев*						
	сосны	ели	берёзы	осины	липы	дуба	ольхи
<i>Общая фитомасса древостоя</i>							
α	4,377	3,740	2,293	3,409	5,159	5,637	0,837
β	1,332	1,396	1,466	1,340	1,318	1,340	1,840
<i>Масса стволовой древесины</i>							
α	2,240	1,457	1,320	1,382	1,320	3,245	0,509
β	1,439	1,578	1,562	1,531	1,593	1,433	1,890
<i>Масса ветвей</i>							
α	0,871	1,069	0,175	0,488	0,787	0,683	0,153
β	0,982	1,006	1,486	1,102	1,209	1,419	1,563
<i>Масса корней</i>							
α	0,985	0,690	1,016	2,856	5,159	3,778	0,143
β	1,281	1,347	1,066	0,845	0,901	0,548	1,888
<i>Масса ассимиляционного аппарата (листвы / хвои)</i>							
α	3,727	4,853	0,708	1,268	1,384	3,062	0,698
β	0,196	0,427	0,495	0,268	0,325	0,207	0,524

*Примечание: М – абсолютно сухая фитомасса древостоя в целом и его отдельных фракций, т/га; Н – средняя высота древостоя, м.

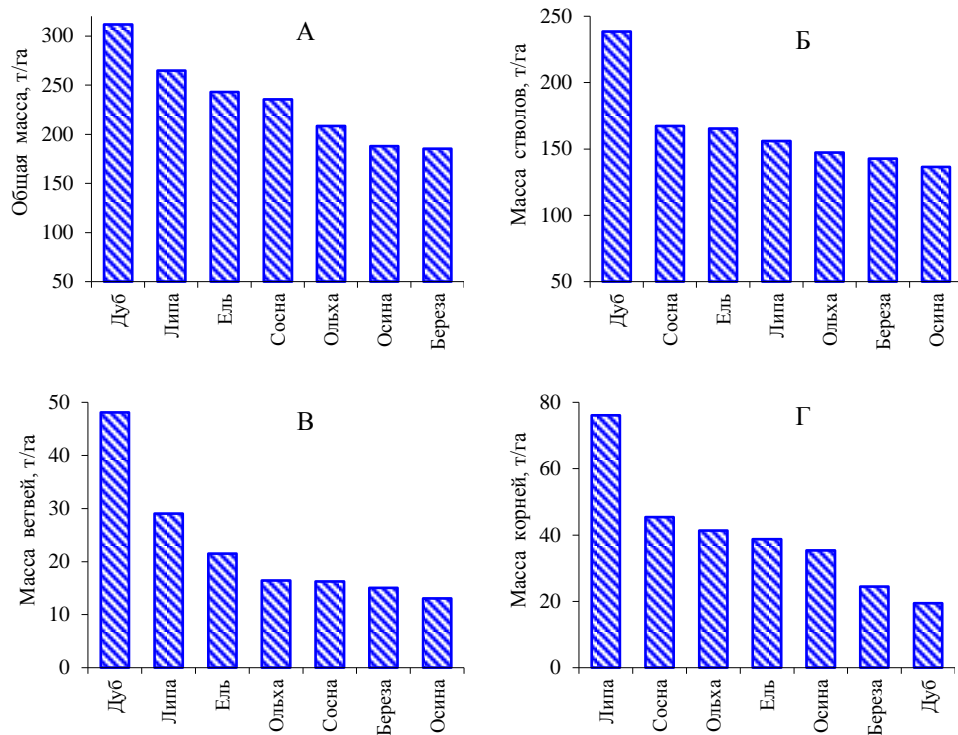


Рис. 6. Ранговое распределение разных пород деревьев по значениям абсолютно сухой фитомассы разных фракций древостоя при его средней высоте 20 м: А – общая масса древостоя; Б – масса стволов с корой; В – масса ветвей; Г – масса корней

Наибольшую массу ассимиляционного аппарата во всём диапазоне высоты древостоя имеют ельники, за которыми с большим отставанием следуют сосняки и дубняки (рис. 7). При высоте древостоя до 12 м масса листьев меньше всего в березняках и черноольшаниках, а при большей высоте – в осинниках. Особенно сильно возрастают в градиенте значений средней высоты древостоя значения показателя в ельниках, черноольшаниках и березняках. В сосняках, дубняках и осинниках величина массы ассимиляционного аппарата изменяется сла-

бо, стабилизируясь при достижении древостоем средней высоты 12–15 м. По величине листового индекса, корректнее отражающего, по сравнению с их массой листьев, поглощение деревьями солнечной энергии [30], лидером во всём градиенте значений средней высоты древостоя являются, как показали расчёты, проведённые по конверсионным коэффициентам [2], ельники (рис. 8). Величина листового индекса в осинниках самая низкая, а остальные породы слабо различаются между собой по величине этого показателя.

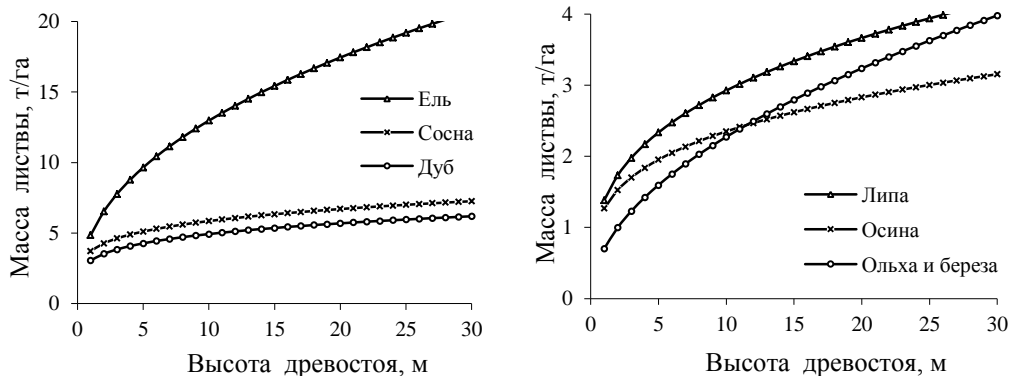


Рис. 7. Закономерности изменения массы ассимиляционного аппарата различных древостоев в градиенте значений их средней высоты

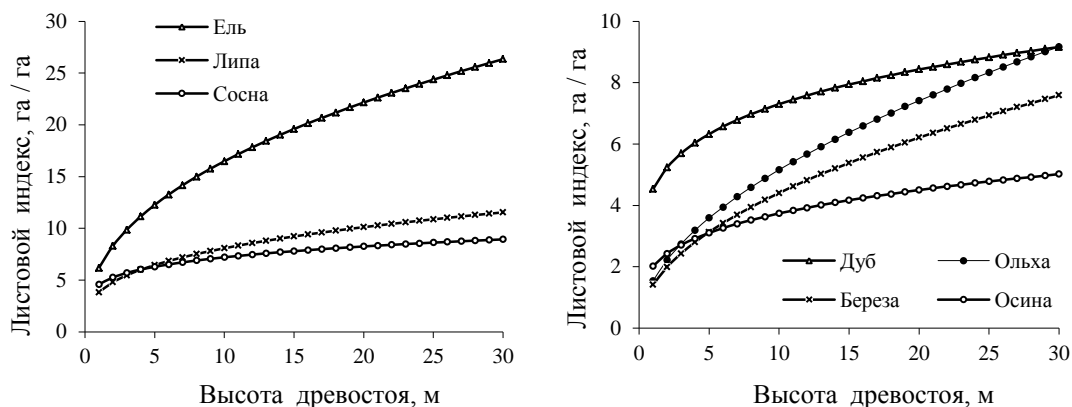


Рис. 8. Изменения величины листового индекса древостоев в градиенте значений их средней высоты

Таблица 7

Значения параметров уравнений, описывающих изменение удельных значений запаса стволовой древесины и массы различных фракций древостоев в градиенте значений их высоты

Параметр уравнения	Значения параметров уравнений для различных древостоев							
	сосны	ели	берёзы	осины	липы	дуба	ольхи	
<i>Удельный объем стволовой древесины $Y = a (H - 1,3) + b$, м³/м²</i>								
<i>a</i>	0,419	0,425	0,404	0,408	0,404	0,445	0,443	
<i>b</i>	1,466	1,781	1,443	1,486	2,063	1,800	1,043	
<i>Удельная общая фитомасса древостоя $Y = a (H - 1,3) + b$, т/м²</i>								
<i>a</i>	0,270	0,230	0,319	0,242	0,222	0,425	0,304	
<i>b</i>	0,942	1,381	0,729	1,106	2,182	0,907	0,589	
<i>Удельная масса стволовой древесины $Y = a (H - 1,3) + b$, т/м²</i>								
<i>a</i>	0,213	0,192	0,267	0,211	0,179	0,353	0,228	
<i>b</i>	0,268	0,264	0,156	0,145	0,383	0,173	0,165	
<i>Удельная масса ветвей $Y = a (H - 1,3) + b$, т/м²</i>								
<i>a</i>	0,012	0,012	0,026	0,013	0,021	0,070	0,018	
<i>b</i>	0,183	0,284	0,049	0,153	0,301	0,050	0,162	
<i>Удельная масса корней $Y = a (H - 1,3) + b$, т/м²</i>								
<i>a</i>	0,050	0,035	0,026	0,021	0,026	0,005	0,064	
<i>b</i>	0,218	0,240	0,395	0,672	1,330	0,453	0,047	
<i>Удельная масса хвои $Y = (K - m) \cdot \exp[-a (H - 2)^b] + m$, т/м²</i>								
<i>K</i>	0,407	0,897	0,173	0,206	0,290	0,320	0,423	
<i>m</i>	0,142	0,370	0,112	0,072	0,071	0,141	0,082	
<i>K - m</i>	0,265	0,527	0,061	0,134	0,219	0,179	0,341	
<i>a</i>	0,493	0,629	0,865	0,532	0,594	0,487	0,702	
<i>b</i>	0,527	0,506	0,615	0,518	0,514	0,522	0,498	

Примечание: *Y* – величина оцениваемого показателя древостоя, *H* – средняя высота древостоя, м.

При оценке потенциальной производительности древостоев целесообразно оперировать, на наш взгляд, не абсолютными значениями показателей на 1 га, а удельными, т.е. относительно 1 м² площади сечения стволов, которые выполняют роль конверсионных коэффициентов и отражают эффективность работы корней по снабжению надземных частей дерева водой и питательными веществами. Вели-

чина удельных показателей всех параметров производительности древостоев, кроме фитомассы ассимиляционного аппарата, изменяется в градиенте их средней высоты, как показали проведённые нами расчёты, линейно. Эту закономерность описывает функция $Y = a(H-1,3)+b$, значения коэффициентов которой специфичны для каждой древесной породы (табл. 7). Наиболее высокие значения ко-

эффициента a по всем оцениваемым параметрам эколого-ресурсного потенциала имеют дубняки, а коэффициента b – липняки. Самые же низкие значения коэффициента a имеют липняки, а коэффициента b – ольшаники. Лидером по удельной массе стволовой древесины и ветвей являются дубняки, имеющие наименьшую удельную массу корней. По удельной массе стволовой древесины следом за ними с большим отставанием идут березняки, черноольшаники и сосняки. Наименьшую удельную массу стволовой древесины имеют липняки, значительно превосходящие все остальные древостои по удельной массе корней. Наибольшую удельную массу ассимиляционного аппарата имеют ельники, а замыкают ранговый ряд осинники и березняки. Удельная же масса ветвей меньше всего в древостоях сосны и осины.

Большинство приведённых выше математических уравнений характеризует изменение параметров предельно сомкнутых древостоев, т.е. описывает верхний биологический предел их возможностей. Эти модели предназначены в большей степени для имитационного моделирования эколого-ресурсного потенциала древосто-

ев, но могут быть использованы при его оценке по материалам таксационных описаний насаждений. По мере накопления материала эти модели должны уточняться.

Выводы

1. Все параметры производительности древостоев можно достаточно надёжно оценить расчётным путём по их средней высоте, полноте и породному составу, используя соответствующие математические модели.

2. При оценке эколого-ресурсного потенциала древостоев целесообразно оперировать удельными показателями, отнесёнными к 1 м^2 площади сечения стволов, которые выполняют роль конверсионных коэффициентов.

3. Наибольшей удельной массой стволовой древесины и ветвей обладают дубняки, за ними с большим отставанием идут березняки, черноольшаники и сосняки. Наименьшую удельную массу стволовой древесины имеют липняки, значительно превосходящие все остальные древостои по удельной массе корней. Наибольшую удельную массу ассимиляционного аппарата имеют ельники, а наименьшую – осинники и березняки. Удельная масса ветвей минимальна в древостоях сосны и осины.

Список литературы

1. Уткин, А. И. Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты) / А.И. Уткин // Итоги науки и техники. Серия: Лесоведение и лесоводство. – М.: ВИНТИ, 1975. – Т. 1. – С. 9-189.
2. Уткин, А. И. Конверсионные коэффициенты для определения площади листовой поверхности насаждений основных лесообразующих пород России / А. И. Уткин, Л. С. Ермолова, Д. Г. Замолодчиков // Лесоведение. – 1997. – № 3. – С. 74-78.
3. Уткин, А. И. Аллометрические уравнения для фитомассы по данным деревьев сосны, ели, березы и осины в европейской части России / А. И. Уткин, Д. Г. Замолодчиков, Т. А. Гульбе, Я. И. Гульбе // Лесоведение. – 1996. – № 6. – С. 36-46.
4. Уткин, А. И. Определение запасов углерода по таксационным показателям древостоев: метод поучастковой аллометрии / А. И. Уткин, Д. Г. Замолодчиков, Т. А. Гульбе, Я. И. Гульбе, Л. С. Ермолова // Лесоведение. – 1998. – № 2. – С. 38-54.
5. Замолодчиков, Д. Г. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам / Д. Г. Замолодчиков, А. И. Уткин, Г. Н. Корвин // Лесоведение. – 1998. – № 3. – С. 84-93.
6. Замолодчиков, Д. Г. Система конверсионных отношений для расчета чистой первичной продукции лесных экосистем по запасам насаждений / Д. Г. Замолодчиков, А. И. Уткин // Лесоведение. – 2000. – № 6. – С. 54-63.
7. Замолодчиков, Д. Г. Конверсионные коэффициенты фитомасса/запас в связи с дендометрическими показателями и составом древостоев / Д. Г. Замолодчиков, А. И. Уткин, Г. Н. Корвин // Лесоведение. – 2005. – № 6. – С. 73-81.
8. Усольцев, В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география / В. А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2001. – 708 с.

9. Усольцев, В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии / В. А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 763 с.
10. Усольцев, В. А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения / В. А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 637 с.
11. Усольцев, В. А. Фитомасса и первичная продукция лесов Северной Евразии / В. А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2010. – 570 с.
12. Демаков, Ю. П. Структура лесов и земель заповедника / Ю. П. Демаков // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – Вып. 2. – С. 9-49.
13. Демаков, Ю. П. Математические модели хода роста культур сосны для различных типов леса Марийского Заволжья / Ю. П. Демаков, И. А. Козлова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2007. – № 2 (6). – С. 83-91.
14. Демаков, Ю. П. Методика использования таксационных описаний насаждений для анализа структуры и динамики древостоев / Ю. П. Демаков // Наука в условиях современности. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. С. 6-8.
15. Демаков, Ю. П. Динамика производительности и состава древостоев в различных экотопах заповедника «Большая Кокшага» / Ю. П. Демаков, А. В. Исаев // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». – Йошкар-Ола: МарГУ, 2009. – Вып. 4. – С. 24-67.
16. Демаков, Ю. П. Энергетический потенциал лесных культур Марийского нагорного Предволжья / Ю. П. Демаков, А. А. Казекина // Лесное хозяйство России: состояние, проблемы, перспективы инновационного развития. – Казань: РИЦ ВНИИЛМ, 2011. – С. 50-56.
17. Демаков, Ю. П. Структура, продуктивность и динамика осинников Республики Марий Эл / Ю. П. Демаков, А. Е. Смыков, Н. Н. Гаврицкова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 2. – С. 24-38.
18. Демаков, Ю. П. Структура молодняков искусственного происхождения сосны и ели в Марийском ополье и пути ее оптимизации / Ю. П. Демаков, Т. В. Нуреева, А. А. Белоусов // Научный электронный журнал Кубанского аграрного университета. – 2013. – № 93. – С. 1-16.
19. Демаков, Ю. П. Распространение и производительность ельников в различных экотопах Республики Марий Эл / Ю. П. Демаков, А. А. Симанова // Научный диалог. Естествознание. Экология. Науки о Земле. – 2013. – № 3 (15). – С. 26-42.
20. Орлов, М. М. Лесная таксация / М. М. Орлов – М.-Л.: Новая деревня, 1929. – 532 с.
21. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1960. – 531 с.
22. Третьяков, Н. В. Закон единства в строении насаждений / Н. В. Третьяков. – М.-Л.: Новая деревня, 1927. – 113 с.
23. Thomasius, H. Untersuchungen über die Brauchbarkeit einiger Wachstumsgrößen von Bäumen und Beständen für die quantitative Standortsbeurteilung / H. Thomasius // Archiv Forst. – 1963. – Bd. 12, H 12. – S. 1267-1323.
24. Третьяков, Н. В. Справочник таксатора / Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. – М.: Гослесбумиздат, 1965. – 459 с.
25. Лесотаксационный справочник / Б. И. Грошев, С. Г. Сеницын, П. И. Мороз, И. П. Сеперович. – 2-е изд. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 288 с.
26. Багинский, В. Ф. Метод приведения древостоев к единой полноте / В. Ф. Багинский // Современное лесоустройство и таксация леса. – М.: ВНИИЛМ, 1974. – Вып. 4. – С. 54-59.
27. Загреев, В. В. Исследование Д/Н и установление критерия «нормальности» сосновых насаждений / В. В. Загреев // Современное лесоустройство и таксация леса. – М.: ВНИИЛМ, 1974. – Вып. 4. – С. 12-24.
28. Экологический подход к оптимизации исходной густоты культур сосны / Ю. П. Демаков, К. К. Калинин, А. И. Шургин и др. // Экология и леса Поволжья. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – С. 277-293.
29. Демаков, Ю. П. Математические модели возрастной динамики древостоев в культурах сосны разной исходной густоты / Ю. П. Демаков // Современные проблемы создания молодых лесов в Среднем Поволжье. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – С. 127.
30. Романовский, М. Г. Листовой индекс в исследованиях продукционного процесса / М. Г. Романовский // Продукционный процесс и структура лесных биогеоценозов: теория и эксперимент. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. – С. 129-160.

Статья поступила в редакцию 28.08.14.

Ссылка на статью: Демаков Ю. П., Исаев А. В., Черных В. Л. Эколого-ресурсный потенциал древостоев лесобразующих пород Среднего Поволжья // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 4 (24). – С. 5-20.

Информация об авторах

ДЕМАКОВ Юрий Петрович – доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – биогеоценология, дендрохронология. Автор 200 научных и учебно-методических работ, в том числе пяти монографий. E-mail: DemakovYP@volgatch.net

ИСАЕВ Александр Викторович – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, государственный природный заповедник «Большая Кокшага». Область научных интересов – биогеоценология, лесное почвоведение. Автор 32 публикаций, в том числе одной монографии. E-mail: nauka_gpz@yolamail.ru

ЧЕРНЫХ Валерий Леонидович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоустройства и лесной таксации, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – проблемы лесной таксации, математического моделирования, информационных и ГИС-технологий в лесном хозяйстве. Автор 250 научных и учебно-методических работ, в том числе пяти монографий. E-mail: ChernyhVL@volgatch.net

STANDS ECOLOGICAL AND RESOURCE POTENTIAL OF FOREST FORMING SPECIES IN THE MIDDLE VOLGA REGION

Yu. P. Demakov¹, A. V. Isaev², V. L. Chernykh¹

¹Volga State University of Technology,

3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

E-mail: DemakovJP@volgatch.net

State natural reserve «Bolshaya Kokshaga»,

26, Voinov-internationalistov St., Yoshkar-Ola, 424038, Russian Federation

E-mail: nauka_gpz@yolamail.ru

Key words: stand; productivity; assessment; mathematical models; optimization.

ABSTRACT

*The goal of the research is to make a comparative assessment of parameters of potential productivity of stands of the main forest forming species in the Middle Volga region; development and analysis of mathematical model, allowing to compare, rationally manage and improve ecological and resource potential of forests, depending on the purposes of forest management and sites. In accordance with the printed sources and e-database of mensurational description of plantations in the Mari El Republic, a comparative assessment of potential productivity of stands of forest forming species of the Middle Volga region was carried out, trees height represents most parameters accurately and adequately. The height of trees is functionally connected with the parameters and it determines most variation of the values. Corresponding mathematical models were selected. The models allow to carry out an assessment and simulation of stands productivity with the aim to rationally manage and improve their ecological and resource potential by means of optimization of species composition, which corresponds best to the purposes of forest management and natural environment. Results. It was shown that in assessment of ecological and resource potential of stands it is desirable to operate with absolute values, not the specific ones, i.e. the values which are referred to 1 m² of the basal area of stems, which show effectiveness of roots functioning in supply of water and nutrients to the aerial portion of a tree. It was determined that Oak groves take the 1st place in specific phytomass of stem timber and branches but they have the least specific weight of roots. Birch, Sticky Alder and Pine forests take the second place in specific phytomass of stem timber. However, a vast difference in figures is observed between the first and second place. Lime forests have the least specific phytomass of stem timber, but they surpass by far all the other stands in specific weight of roots. Fir forests have the largest specific weight of assimilatory system. Asp and Birch forests take the last place in this parameter. **Conclusion.** The developed mathematical models are mainly meant for simulation of ecological and resource potential of stands, but they may be used in its assessment by the data of mensurational description of plantations.*

REFERENCES

1. Utkin A. I. Biologicheskaya produktivnost lesov (metody izucheniya i rezultaty) [Forests Biological Productivity (methods of study and results)]. *Itogi nauki i tekhniki. Seriya Lesovedenie i lesovodstvo* [Results of Science and Technology. Series Forestry]. Moscow: VINITI, 1975. T. 1. Pp. 9-189.
2. Utkin A. I., Ermolova L.S., Zamolodchikov D.G. Konversionnye koefitsienty dlya opredeleniya ploshchadi listovoy poverkhnosti nasazhdeniy osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Rossii [Conversion Rate to Determine Leaf-Area Duration of Plantations of the Main Forest Forming Species in Russia]. *Lesovedenie* [Forestry]. 1997. № 3. Pp. 74-78.
3. Utkin A. I., Zamolodchikov D.G., Gulbe T.A., Gulbe Ya.I. Allometricheskie uravneniya dlya fitomassy po dannym derevev sosny, eli, berezy i osiny v evropeyskoy chasti Rossii [Allometric Equations for Phytomass Definition by the Data of Pine, Fir, Birch and Aspen in European Part of Russia]. *Lesovedenie* [Forestry]. 1996. № 6. Pp. 36-46.
4. Utkin A. I., Zamolodchikov D.G., Gulbe T.A., Gulbe Ya.I., Ermolova L.S. Opredelenie zapasov ugleroda po taksatsionnym pokazatelyam drevostoev: metod pouchastkovoy allometrii [Calculation of Carbon Reserves by Inventory Data: Method of Lot-by-Lot Allometry]. *Lesovedenie* [Forestry]. 1998. № 2. Pp. 38-54.
5. Zamolodchikov D. G., Utkin A. I., Korovin G.N. Opredelenie zapasov ugleroda po zavisimym ot vozrasta nasazhdeniy konversionno-obemnymi koefitsientami [Calculation of Carbon Reserves by Depending of the Age Plantations by Conversion-Volume Coefficients]. *Lesovedenie* [Forestry]. 1998. № 3. Pp. 84-93.
6. Zamolodchikov D. G., Utkin A. I. Sistema konversionnykh otnosheniy dlya rascheta chistoy pervichnoy produktsii lesnykh ekosistem po zapasam nasazhdeniy [A System of Conversion Relations for Calculation of Net Primary Production of Forest Ecosystems by Stand Volumes]. *Lesovedenie* [Forestry]. 2000. № 6. Pp. 54-63.
7. Zamolodchikov D. G., Utkin A. I., Korovin G.N. Konversionnye koefitsienty fitomassa/zapas v svyazi s dendometricheskimi pokazatelyami i sostavom drevostoev [Conversion Coefficients of Phytomass / Stock in Connection Because of Inventory Data and Stand Composition]. *Lesovedenie* [Forestry]. 2005. № 6. P. 73-81.
8. Usoltsev V. A. *Fitomassa lesov Severnoy Evrazii: baza dannykh i geografiya* [Phytomass of Forests Northern Eurasia: data base and geography]. Ekaterinburg: YrO RAN, 2001. 708 p.
9. Usoltsev V. A. *Fitomassa lesov Severnoy Evrazii: normativy i elementy geografii* [Phytomass of Forests Northern Eurasia: standards and elements of geography]. Ekaterinburg: YrO RAN, 2002. 763 p.
10. Usoltsev V. A. *Biologicheskaya produktivnost lesov Severnoy Evrazii: metody, baza dannykh i ee prilozheniya* [Biological Productivity of Northern Eurasia Forests: methods, data base and its applications]. Ekaterinburg: YrO RAN, 2007. 637 p.
11. Usoltsev V. A. *Fitomassa i pervichnaya produktsiya lesov Severnoy Evrazii* [Phytomass and Primary Production of Northern Eurasia Forests]. Ekaterinburg: YrO RAN, 2010. 570 p.
12. Demakov Yu. P. Struktura lesov i zemel zapovednika [Structure of Forests and Lands of a Natural Reserve]. *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bolshaya Kokshaga»* [Scientific papers of state natural reserve «Bolshaya Kokshaga»]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2007. Iss. 2. Pp. 9-49.
13. Demakov Yu. P., Kozlova I. A. Matematicheskie modeli khoda rosta kultur sosny dlya razlichnykh tipov lesa Mariyskogo Zavolzhya [Mathematical Models of Growth of Pine Plantations for Different Types of Forest in Mari Trans-Volga Region]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Kazan State Agrarian University]. 2007. № 2 (6). Pp. 83-91.
14. Demakov Yu. P. Metodika ispolzovaniya taksatsionnykh opisaniy nasazhdeniy dlya analiza struktury i dinamiki drevostoev [A Methods for the Use of Inventory Description of Stands to Analyze the Structure and Dynamics of Stands]. *Nauka v usloviyakh sovremennosti* [Science Today]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2009. Pp. 6-8.
15. Demakov Yu. P., Isaev A. V. Dinamika proizvoditelnosti i sostava drevostoev v razlichnykh ekotopah zapovednika «Bolshaya Kokshaga» [Dynamics of Productivity and Stands Composition in Different Ecotopes of «Bolshaya Kokshaga» Natural Reserve]. *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bolshaya Kokshaga»* [Scientific papers of state natural reserve «Bolshaya Kokshaga»]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2009. Iss. 4. Pp. 24-67.
16. Demakov Yu.P., Kazekina A.A. Energeticheskii potentsial lesnykh kultur Mariyskogo nagornogo Predvolzhya [Energetic Potential of Plantations in Mari Upland Region (close to the Volga)]. *Lesnoe khozyaystvo Rossii: sostoyanie, problemy, perspektivy innovatsionnogo razvitiya* [Forestry in Russia: Conditions, Problems, Perspectives of Innovative Development]. Kazan: RITS VNIILM, 2011. Pp. 50-56.
17. Demakov Yu. P., Smykov A. E., Gavritskova N. N. Struktura, produktivnost i dinamika osinnikov Respubliki Mariy El [Structure, Productivity and Dynamics of Aspen Forests in Mari El Republic]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopoznavanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. № 2. Pp. 24-38.

18. Demakov Yu. P., Nureeva T. V., Belousov A. A. Struktura mladnyakov iskusstvennogo proiskhozhdeniya sosny i eli v Mariyskom opole i puti ee optimizatsii [Structure Young Pine and Fir Plantations in Mari High Plains and Ways for its Optimization]. *Nauchnyy elektronnyy zhurnal Kubanskogo agrarnogo universiteta* [Scientific E-Journal of the Kuban Agrarian University]. 2013. № 93. Pp. 1-16.
19. Demakov Yu. P., Simanova A. A. Rasprostraneniye i proizvoditelnost elnikov v razlichnykh ekotopakh Respubliki Mariy El [Distribution and Productivity of Fir Forests in Different Ecotopes of Mari El Republic]. *Nauchnyy dialog. Estestvoznaniye. Ekologiya. Nauki o Zemle* [A Research Dialog. Natural Science. Ecology. Earth Sciences]. 2013. № 3 (15). Pp. 26-42.
20. Orlov M. M. *Lesnaya taksatsiya* [Forest Inventory]. Moscow – Leningrad: Novaya derevnya, 1929. 532 p.
21. Anuchin N. P. *Lesnaya taksatsiya* [Forest Inventory]. Moscow – Leningrad: Goslesbumizdat, 1960. 531 p.
22. Tretyakov N. V. *Zakon edinstva v stroenii nasazhdeniy* [The Rule of Unity in Plantations Structure]. Moscow – Leningrad: Novaya derevnya, 1927. 113 p.
23. Thomasius H. Untersuchungen über die Brauchbarkeit einiger Wachstumgrößen von Bäumen und Beständen für die quantitative Standortsbeurteilung. *Archiv Forst.* 1963. Bd. 12, H 12. Pp. 1267-1323.
24. Tretyakov N. V., Gorskiy P. V., Samoylovich G. G. *Spravochnik taksatora* [A Handbook of a Taxator]. Moscow: Goslesbumizdat, 1965. 459 p.
25. Groshev B. I., Sinitsyn S. G., Moroz P. I., Seperovich I. P. *Lesotaksatsionnyy spravochnik: 2-e izd.* [Forest Inventory Handbook: 2d edition]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1980. 288 p.
26. Baginskiy V. F. Metod privedeniya drevostoev k edinoy polnote [A Method of Reduction of Stands to the Single Density]. *Sovremennoye lesoustroystvo i taksatsiya lesa* [Forest Surveying and Forest Estimation Today]. Moscow: VNIILM, 1974. Iss. 4. Pp. 54-59.
27. Zagreev V. V. Issledovaniye D/N i ustanovleniye kriteriya «normalnosti» sosnovykh nasazhdeniy [Study of D/N and Standard-Setting of «Normality» of Pine Plantations]. *Sovremennoye lesoustroystvo i taksatsiya lesa* [Forest Surveying and Forest Estimation Today]. Moscow: VNIILM, 1974. Iss. 4. Pp. 12-24.
28. Demakov Yu. P., Kalinin K. K., Shurgin A. I., et al. Ekologicheskiy podkhod k optimizatsii iskhodnoy gustoty kultur sosny [An Ecological Approach to the Optimization of the Original Density of Pine Plantations]. *Ekologiya i lesa Povolzhya* [Ecology and Forests of the Middle Volga Region]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2002. Pp. 277-293.
29. Demakov Yu. P. Matematicheskie modeli vozrastnoy dinamiki drevostoev v kulturakh sosny raznoy iskhodnoy gustoty [Mathematical Models of Age Dynamics of Stands in Pine Plantations of Diverse Density]. *Sovremennyye problemy sozdaniya molodykh lesov v Srednem Povolzhe* [Present-Day Problems of Establishment of New Forests in the Middle Volga Region]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 1999. P. 127.
30. Romanovskiy M. G. Listovoy indeks v issledovaniyakh produktsionnogo protsessa [A Leaf-Area Index in the Researches of the Production Process]. *Produktsionnyy protsess i struktura lesnykh biogeotsenozov: teoriya i eksperiment* [Production Process and Structure of Forest Geobiocoenosis: theory and experiment]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2009. Pp. 129-160.

The article was received 28.08.14.

Citation for an article: Demakov Yu. P., Isaev A. V., Chernykh V. L. Stands ecological and resource potential of forest forming species in the Middle Volga region. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2014. No 4 (24). Pp. 5-20.

Information about the authors

DEMAKOV Yuriy Petrovich – Doctor of Biological Sciences, Professor at the Chair of Ecology, Pedology and Nature Management, Volga State University of Technology. Research interests – biogeocenology, dendrochronology. The author of 200 research works and study guides, including five monographs. E-mail: DemakovYP@volgategh.net

ISAEV Alexander Victorovich – Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director for Research Work, state natural reserve «Bolshaya Kokshaga». Research interests – biogeocenology, forest pedology. The author of 32 publications, including one monograph. E-mail: nauka_gpz@yolamail.ru

CHERNYKH Valeriy Leonidovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Forest Surveying and Forest Inventory, Volga State University of Technology. Research interests – problems of forest taxation, mathematic simulation, IT and GIS technologies in forestry. The author of 250 research works and study guides, including five monographs. E-mail: ChernykhVL@volgategh.net