

# УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ, ЛЕСОУСТРОЙСТВО И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

---

УДК 630\*566(476)

**Р. В. Азарчик, М. В. Балакир**

Белорусский государственный технологический университет

## РАЗМЕРНО-КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВЕСНОГО ЗАПАСА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ И ИХ СВЯЗИ С ТАКСАЦИОННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

Минимальной величиной, определяющей доходность лесного хозяйства в Республике Беларусь, можно считать таксовую стоимость леса на корню. Во многом эта величина зависит от размерных характеристик запаса. Данные характеристики определяются таксационными показателями, на которые, в свою очередь, посредством лесохозяйственных мероприятий может влиять человек. В связи с этим в данной работе нами была поставлена цель – выявить зависимости размерно-качественных характеристик запаса древостоя от его таксационных показателей.

Для изучения зависимости размерно-качественных характеристик запаса сосновых древостоев от их таксационных показателей использовались данные таксации на 26 пробных площадях спелых сосновых древостоев различных типов леса.

С целью определения закономерностей формирования размерно-качественных характеристик запасов были выявлены факторы (таксационные показатели древостоя), влияющие на эти характеристики. Первоочередной задачей является выбор тех факторов, на которые может влиять человек в результате хозяйственной деятельности. По итогам корреляционного анализа были выбраны четыре таксационных показателя: средний возраст древостоя, его густота, относительная полнота и тип леса.

В результате проведенного регрессионного анализа были получены модели зависимости размерно-качественных характеристик древостоя от выбранных ранее основных таксационных показателей. Анализируя коэффициенты детерминации, можно сделать вывод, что регрессионные уравнения хорошо описывают анализируемые зависимости ( $R^2$  для большинства размерно-качественных характеристик больше 0,7). Данные модели могут использоваться при проектировании лесохозяйственных мероприятий, направленных на формирование древостоев с необходимыми размерно-качественными характеристиками запасов древостоев.

**Ключевые слова:** размерно-качественные характеристики древесного запаса, густота древостоя, средний возраст, относительная полнота, тип леса, регрессионная модель.

**R. V. Azarchyk, M. V. Balakir**

Belarusian State Technological University

## SIZE AND QUALITY CHARACTERISTICS OF WOOD STOCK PINE STANDS AND THEIR RELATION TO TAXATION PARAMETERS

The taxes cost growing stock of wood is minimum value, which determines the profitability of forestry in Belarus. In many ways, this value depends on the size characteristics of the wood stock. People can influence on these characteristics are determined by stand characteristics, which, by means of forest management activities. In connection with this, we set a goal to identify size and quality characteristics of wood stock of its stand characteristics.

Data from taxation on 26 plots of mature pine stands of different forest types were used for study the dependence of size and quality characteristics of the stock of pine stands from their inventory indices.

Factors (stand characteristics) were identified to determine the size and patterns of formation of qualitative characteristics of stocks, they are influenced these long-indicators. The first priority was to identify those factors which may affect the forehead-century as a result of economic activity. According to the results of the correlation analysis were selected four inventory indices: the average age of the stand, its density, mens concerning the completeness and forest type.

As a result of the regression analysis were obtained depending on the model size and quality characteristics of the stand from the previously selected major forest indices. The coefficients of determination were analyzed and we can conclude that the regression-equations describe well analyzed according to ( $R^2$  for most size-quality characteristics of greater than 0.7). These models can be used in the design of forest management activities aimed at building stands with the required size and quality characteristics of wood stock.

**Key words:** size and quality characteristics of wood stock, stand density, middle ages, the relative completeness of the stand, type of wood, regression model.

**Введение.** В настоящее время основной доход от ведения лесного хозяйства оценивают по проданному запасу стволовой древесины на гектаре. Минимальной величиной, определяющей доходность лесного хозяйства в Республике Беларусь, можно считать таксовую стоимость леса на корню [1]. Данная величина зависит от следующих показателей: разряда такс, породы и размерной характеристики запаса. При продаже леса в заготовленном виде, помимо размерных характеристик, учитываются и качественные показатели (сортность, бессучковая зона). Повышение качества древесного запаса приводит к увеличению его стоимости, а следовательно, и прибыли лесохозяйственного предприятия. Человек может влиять на формирование древостоя (в том числе на основные таксационные показатели) посредством проведения тех или иных лесохозяйственных мероприятий. В связи с этим в данной работе нами была поставлена цель – выявить влияние различных таксационных показателей спелых сосновых древостоев на размерно-качественную характеристику их запасов. Значительный вклад в изучение данного вопроса внес профессор В. Е. Ермаков [2].

**Основная часть.** Для изучения зависимости размерно-качественных характеристик запаса сосновых древостоев от их таксационных показателей использовались данные таксации на 26 пробных площадях спелых сосновых древостоев мшистого, черничного, орлякового, кисличного, долгомошного и брусничного типов леса, заложенных Н. П. Демидом. Возраст древостоев составлял от 72 до 160 лет. В данной работе рассматривалось влияние различных таксационных показателей древостоя: тип леса, группа типов леса (типы леса со схожими лесорастительными условиями), густота, относительная полнота, средний диаметр и высота, наличный запас на корню – на их размерно-качественную характеристику. В качестве зависимых переменных использовались категории крупности: крупная, средняя, мелкая деловая древесина, определяемая по белорусским стандартам и с подразделением данных категорий на подкатегории, а также древесина I и II сортов. Крупная деловая древесина делилась на три подкатегории: крупная 1-й подкатегории – диаметр в верхнем срезе более 40 см; крупная 2-й подкатегории – от 32 до 38 см; крупная 3-й подкатегории – от 26 до 30 см. Средняя деловая древесина делилась

на две подкатегории: 1-я подкатегория – диаметр в верхнем срезе от 20 до 24 см; 2-я подкатегория – диаметр в верхнем срезе от 14 до 18 см (данное деление предложено Н. П. Демидом) [3].

Перед определением закономерностей формирования размерно-качественных характеристик запаса древостоя необходимо сначала определить факторы, влияющие на эти характеристики. В математической программе Statistica 10 были вычислены коэффициенты корреляции между основными таксационными и размерно-качественными показателями древостоя и запаса (табл. 1).

Как видно из табл. 1, все рассматриваемые факторы (таксационные показатели) влияют на размерно-качественные характеристики древостоя в разной степени. Так, выход крупной деловой древесины существенно зависит от среднего диаметра и высоты древостоя ( $R = 0,96$  и  $R = 0,85$ ), типа леса ( $R = 0,64$ ) и возраста ( $R = 0,65$ ). Во всех этих случаях наблюдается прямая зависимость. Также существует сильная связь данной характеристики и густоты ( $R = -0,75$ ), однако данная связь обратная, т. е. при увеличении густоты выход крупной деловой древесины уменьшается. Противоположная картина наблюдается для выхода средней и мелкой деловой древесины. При увеличении всех основных таксационных показателей, за исключением густоты, выход данных категорий деловой древесины уменьшается. На сортность самое большое воздействие оказывает процент протяженности бессучковой части ствола (I сорт  $R = 0,91$ , II сорт  $R = -0,88$ ), умеренное влияние оказывает средний возраст древостоя (I сорт  $R = 0,56$ , II сорт  $R = -0,50$ ). Остальные анализируемые таксационные показатели не влияют или очень слабо влияют на сортность.

При выборе факторов (таксационных показателей) для построения моделей зависимости размерно-качественных характеристик запаса мы руководствовались тремя критериями:

- 1) таксационные показатели, которые человек может регулировать непосредственно в ходе лесохозяйственной деятельности;
- 2) таксационные показатели с наибольшей степенью влияния на размерно-качественные характеристики древостоя;
- 3) таксационные показатели, определяемые природно-экологическими условиями произрастания.

Таблица 1

**Коэффициенты корреляции размерно-качественных характеристик и таксационных показателей древостоя**

Размерно-качественные характеристики *	Таксационные показатели **								
	Tl	Tlg	A	N	P	M	Bz%	Dsr	Hsr
M	0,75	0,00	0,54	-0,41	0,84	1,00	-0,19	0,78	0,86
Dall	0,57	0,05	0,39	-0,41	0,24	0,60	0,16	0,53	0,33
Drall	-0,40	0,03	-0,22	0,36	-0,01	-0,31	-0,11	-0,30	0,68
Otall	-0,49	-0,13	-0,40	0,26	-0,42	-0,67	-0,13	-0,56	-0,38
Sr1	-0,58	-0,08	-0,43	0,31	-0,37	-0,53	-0,12	-0,53	-0,70
Sr2	-0,45	-0,28	-0,61	0,73	-0,40	-0,68	-0,30	-0,91	-0,61
Srall	-0,60	-0,26	-0,65	0,66	-0,47	-0,75	-0,27	-0,91	-0,76
k1	-0,47	-0,31	-0,64	0,69	-0,37	-0,62	-0,34	-0,82	-0,84
k2	-0,16	0,17	-0,03	0,07	-0,19	-0,27	-0,10	-0,20	-0,76
k3	0,60	0,15	0,43	-0,67	0,46	0,75	0,18	0,85	-0,21
kall	0,64	0,20	0,65	-0,75	0,48	0,79	0,28	0,96	0,85
sort1	0,06	0,39	0,56	-0,24	0,00	0,30	0,91	0,38	0,89
sort2	0,05	-0,38	-0,50	0,26	0,10	-0,15	-0,88	-0,29	0,55
sort3	0,07	0,45	0,11	-0,20	0,16	0,19	0,02	0,28	-0,26
Mall	-0,54	-0,07	-0,53	0,81	-0,41	-0,67	-0,23	-0,90	0,21

\* Размерно-качественные характеристики запаса древостоя: M – растущий запас, Dall – выход деловой древесины, Drall – выход дровяной древесины, Otall – выход отходов, Sr1, Sr2 – выход средней деловой древесины 1-й и 2-й подкатегории соответственно, Srall – выход средней деловой древесины (всего), k1, k2, k3 – выход крупной деловой древесины 1-й, 2-й и 3-й подкатегории соответственно, kall – выход крупной деловой категории (всего), sort1, sort2, sort3 – выход деловой древесины I, II и III сорта соответственно, Mall – выход мелкой древесины.

\*\* Таксационные показатели древостоя: Tl – тип леса, Tlg – группа типов леса, A – средний возраст, N – густота, P – относительная полнота, M – наличный запас на корню, Bz% – процент бессучковой зоны ствола, Dsr – средний диаметр, Hsr – высота.

Исходя из этих принципов нами были выбраны четыре фактора, удовлетворяющие вышеперечисленным критериям: средний возраст древостоя, его густота, относительная полнота и тип леса.

Так, возраст человек может регулировать возрастом рубки (определять очередность поступления в рубку), густоту и относительную полноту – посредством рубок ухода (выбором метода рубок, отбором деревьев в рубку и т. п.), а тип леса является обязательным фактором, так как он определяет исходные условия формирования древостоя.

С помощью программы Statistica 10 анализировались различные модели зависимости размерно-качественных характеристик запасов древостоев и выбранных нами факторов. По результатам анализа было принято решение остановиться на регрессии следующего вида:

$$PKX = a_0 + a_1 \cdot P + a_2 \cdot N + a_3 \cdot A + a_4 \cdot P \cdot N + a_5 \cdot A \cdot N + a_6 \cdot A \cdot P + a_7 \cdot P^2 + a_8 \cdot A^2 + a_9 \cdot Tl + a_{10} \cdot Tl^2 + a_{11} \cdot P \cdot N \cdot A,$$

где PKX – размерно-качественная характеристика запаса древостоя, м<sup>3</sup>; a<sub>0</sub>, ..., a<sub>11</sub> – коэффициенты регрессии; P – относительная полнота древостоя; N – густота древостоя, шт./га;

A – средний возраст древостоя, лет; Tl – тип леса, представленный в числовом выражении (табл. 2).

Таблица 2

**Числовое выражение типов леса**

Типы леса	С. дм.	С. бр.	С. мш.	С. чер.	С. ор.	С. кис.
Числовые значения	1	2	3	4	5	6

Коэффициенты регрессии, коэффициенты корреляции и детерминации, полученные методом наименьших квадратов с помощью Statistica 10, для анализируемых размерно-качественных характеристик приведены в табл. 3. Также в данной таблице представлены среднеквадратическое отклонение и средняя ошибка аппроксимации.

Анализируя данные табл. 3, можно сделать вывод, что используемые в нашей работе регрессионные уравнения хорошо описывают зависимость размерно-качественных характеристик запаса древостоя от его таксационных показателей. Средняя ошибка аппроксимации не превышает 5%.

Коэффициенты регрессии значимы на 5%-ном уровне, достоверны по F-критерию с относительной ошибкой 5–10%.

Таблица 3

## Статистические характеристики уравнения регрессии

Размерно-качественная характеристика запаса древесины (подкатегории)	Коэффициенты регрессии											R	R <sup>2</sup>	Среднеквадратическое отклонение	Средняя ошибка аппроксимации	
	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>					a <sub>11</sub>
Деловая	-740,80	361,48	1,69	9,47	-0,56	-0,016	-0,66	-78,64	-0,022	-6,68	4,87	0,011	0,96	0,91	25,73	1,7
Дровяная	-247,79	201,76	0,47	3,33	-0,41	-0,006	-1,33	-51,62	-0,008	-5,88	0,88	0,005	0,75	0,56	4,71	11,6
Средняя (1)	-1228,25	1283,7	2,13	11,22	-1,30	-0,016	-6,77	-344,27	-0,020	13,2	2,57	0,016	0,86	0,74	17,51	5,4
Средняя (2)	692,02	-982,5	-1,44	-2,54	1,65	0,010	2,74	252,34	-0,003	15,03	-1,14	-0,010	0,95	0,90	10,24	0,4
Средняя всего	-440,81	165,25	0,45	8,05	0,63	-0,004	-3,32	-68,14	-0,023	2,88	1,35	0,004	0,95	0,90	16,60	1,4
Крупная (2)	339,87	-465,35	-0,50	-3,94	0,21	0,005	4,82	153,10	0,006	9,13	-0,79	-0,007	0,98	0,97	7,83	2,5
Крупная (3)	-1379,52	1522,3	3,02	11,61	-2,70	-0,028	-7,92	-296,81	-0,011	-16,2	3,40	0,027	0,92	0,84	16,99	-1,2
Крупная всего	-640,25	506,07	1,89	4,21	-1,72	-0,018	1,16	-78,79	-0,003	-11,0	3,54	0,012	0,97	0,94	19,11	-1,6
Мелкая	439,44	-452,6	-0,89	-3,42	0,82	0,007	2,18	97,14	0,004	2,81	-0,16	-0,007	0,95	0,90	4,92	293,2
I сорт	580,63	-1103,1	-1,82	-3,71	2,65	0,015	12,76	-157,69	-0,016	4,30	-0,42	-0,024	0,74	0,55	40,81	48,1
II сорт	-1455,70	1749,3	3,64	12,61	-3,48	-0,032	-14,7	28,64	0,001	-5,60	4,63	0,036	0,86	0,74	8,08	120,1

Коэффициент детерминации для деловой древесины, в том числе по категориям крупности, превышает значение 0,9. Менее точно модели описывают распределение запаса по сортам (коэффициент детерминации составляет 0,5–0,7).

Зная закономерности изменения размерно-качественных характеристик запаса от таксационных показателей, мы можем подобрать такое их сочетание, чтобы получить древесину необходимого размера и качества, которая бы отвечала запросам рынка. С помощью лесохозяйственных мероприятий и определения возраста поступления выдела в рубку мы можем обеспечить необходимое сочетание.

**Заключение.** В работе были определены факторы (таксационные показатели), непосредственно влияющие на размерно-качественную характеристику древостоев. Как факторы были выбраны следующие таксационные показатели: средний возраст насаждения, густота, относительная полнота и тип леса. Разработаны регрессионные модели зависимости размерно-качественных характеристик запаса сосновых древостоев от выбранных факторов. Определены основные статистические характеристики данных моделей. Средняя ошибка аппроксимации уравнений не превышает 5%.

## Литература

1. Янушко И. Д. Экономика в лесном хозяйстве. Минск: Выш. шк., 1977. 271 с.
2. Ермакоў В. Я., Атрошчанка А. А., Дзямід М. П. Лесаўпарадкаванне: падручнік. Мінск: БДТУ, 2002. 499 с.
3. Демид Н. П. Обоснование возраста главной рубки сосновых древостоев Беларуси в связи с размерно-качественной характеристикой древесного сырья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Белорус. гос. технол. ун-т. Минск, 2011. 21 с.

## References

1. Yanushko, I. D. *Ekonomika v lesnom khozyaystve* [Economy in forestry]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 1977. 271 p.
2. Ermakow V. Ja., Atroshchanka A. A., Dzyamid M. P. *Lesawparadkavanne: padruchnik* [Forest inventory]. Minsk, BG TU Publ., 2002. 499 p.
3. Demid N. P. *Obosnovanie vozrasta glavnoy rubki sosnovykh drevostoev Belarusi v svyazi s razmerno kachestvennoy kharakteristikoy drevesnogo syr'ya: Avtoref. dis. kand. s.-kh. nauk* [Justification age of final felling pine stands of Belarus in connection with the dimension of the qualitative characteristic of wood raw material. Abstract of thesis cand. of agr. sci.]. Minsk, 2011. 21 p.

## Информация об авторах

**Азарчик Роман Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Azarchik@belstu.by

**Балакир Михаил Викторович** – кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Balakir@belstu.by

#### **Information about the authors**

**Azarchyk Raman Vladimirovich** – Ph. D. Agriculture, assistant, Department of Forest Management. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Azarchik@belstu.by

**Balakir Mishail Viktorovich** – Ph. D. Agriculture, assistant, Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Balakir@belstu.by

*Поступила 23.02.2015*